

# FROM CLOUD TO EDGE

DÉCEMBRE 2020



# TABLE DES MATIÈRES

Points principaux	<b>4</b>
Le marché du cloud computing après la pandémie de coronavirus	<b>8</b>
Les principales tendances du marché du cloud computing	<b>14</b>
Focus sur l'informatique en périphérie (edge computing) et sur le cloud distribué	<b>20</b>
Les cas d'utilisation de l'informatique en périphérie et du cloud distribué selon teknowlogy group	<b>27</b>
Applications et solutions spécifiques à l'industrie	<b>49</b>
Conclusions	<b>56</b>
Annexe	<b>60</b>



# POINTS PRINCIPAUX

## Le marché du cloud computing après la pandémie de coronavirus

Lors des différentes vagues de l'épidémie de coronavirus de cette année, l'utilisation des technologies de l'informatique en nuage (ou cloud computing) a explosé. Dans le monde entier, des millions d'utilisateurs ont commencé à utiliser des plateformes basées sur le cloud computing pour collaborer, faire des achats en ligne et se divertir. Les technologies d'informatique en nuage pour les soins de santé ont même attiré l'intérêt des grandes entreprises qui s'en méfiaient auparavant des aspects liés à la protection de la vie privée et à la conformité.

Dans la vision de notre cluster «Europe-5» (comprenant Italie, Allemagne, France, Pays-Bas et la Belgique), le marché total des services informatiques devrait, selon les estimations, baisser en 2020 et 2021. Toutefois, dans ce contexte, le marché des infrastructures en tant que service (IaaS) et des plateformes en tant que service (PaaS) devrait croître d'au moins 50 % (2021 par rapport à 2019), selon les scénarios optimistes ou pessimistes.

Une croissance est également prévue dans notre groupe des «Big-5» (comprenant les États-Unis, le Royaume-Uni, le Brésil, la Chine et l'Inde). Poussé par le développement considérable de tous les marchés SaaS/IaaS/PaaS aux États-Unis, ce groupe connaîtra une croissance dans tous les scénarios, avec un taux de croissance allant jusqu'à 55 % pour le secteur IaaS/PaaS (2021 contre 2019).

## Les principales tendances du marché du cloud computing

Non seulement la technologie de l'informatique dématérialisée est le fondement de nombreux services courants d'aujourd'hui, mais les technologies émergentes comme l'IA, la réalité augmentée et la réalité virtuelle, l'Internet of Things et l'informatique quantique font également de plus en plus partie du répertoire des fournisseurs d'informatique dématérialisée.

Reply a utilisé sa plateforme propriétaire Trend Sonar pour repérer les tendances pertinentes sur le marché du cloud et les regrouper en six familles.

- ▶ Stratégie et transformation du Cloud - la principale tendance dans ce domaine est l'évolution des cloud hybrides et multi-clouds, qui relient les cloud publics à d'autres cloud publics et aux charges de travail sur site.
- ▶ Cloud cognitif et d'intelligence – l'AI as a Service met à disposition d'un public plus large des services tels que l'intelligence marketing, le service client, l'automatisation des processus robotiques et l'analyse.
- ▶ Cloud HPC & Big Data - alors que les cas d'utilisation nécessitant une puissance de traitement rapide et élevée sont en constante augmentation, les fournisseurs de cloud ajoutent le calcul haute performance (HPC) à leurs services et le nuage quantique gagne en popularité.
- ▶ Un éventail de technologies natives du cloud - les principales tendances dans ce domaine sont l'automatisation et l'orchestration du nuage, les conteneurs de cloud et l'informatique sans serveur.
- ▶ L'informatique en périphérie (Edge) et le cloud distribué.
- ▶ Applications et solutions spécifiques à l'industrie.

## Focus sur l'informatique en périphérie (edge computing) et sur le cloud distribué

L'informatique en périphérie (ou edge computing) peut prendre en charge des tâches informatiques qui ne peuvent pas être effectuées dans le nuage et ce qui signifie que son usage va s'accélérer. Quatre raisons principales expliquent pourquoi l'informatique en périphérie peut jouer un rôle essentiel dans les architectures informatiques : la latence, la connectivité, la sécurité/confidentialité et les coûts de connexion du fait des volumes de données transmis. Nous avons défini quatre différents types de solutions en périphérie : l'informatique en périphérie «au sens strict», le cloud en périphérie, le cloud distribué et l'informatique en périphérie mobile.

Sur le marché des infrastructures, il est évident que l'informatique en nuage régnera sur les clusters Europe-5 et Big-5, tandis que l'informatique en périphérie sera un marché à forte croissance dans les cinq prochaines années. L'Allemagne sera le plus grand marché européen pour le cloud computing et l'informatique en périphérie, tandis que les États-Unis seront le plus grand marché mondial.



## **Les cas d'utilisation de l'informatique en périphérie et du cloud distribué selon Teknowlogy Group**

Ce chapitre reprend la description des cas d'utilisation et une pondération de chaque cas sur 6 axes d'évaluation principaux : latence, connectivité, sécurité/vie privée, volume de données transmises, coûts initiaux et frais généraux de maintenance. Pour chaque cas, l'architecture la plus appropriée pour les scénarios actuels est suggérée, avec des notes sur la manière dont cela pourrait changer à moyen terme.

- ▶ Véhicules connectés : chaînes de service connectées, assistance à la conduite et véhicules autonomes.
- ▶ Usine numérique : travailleur connecté, jumeau numérique, maintenance prédictive, contrôle de qualité numérique et intra-logistique intelligente.
- ▶ Gouvernement numérique et villes intelligentes : systèmes de sécurité intelligents, infrastructures de stationnement intelligentes, infrastructures urbaines intelligentes, solutions environnementales intelligentes et gestion intelligente du trafic.
- ▶ Soins de santé numériques : gestion de flotte et maintenance prédictive des dispositifs médicaux.
- ▶ Maison et bâtiments intelligents : automatisation et maintenance prédictive, gestion des installations, sécurité et contrôle et gestion intelligente de l'énergie.
- ▶ Smart retail et CPG : libre-service pour le client, ainsi que suivi et localisation intelligents.
- ▶ Transport intelligent : infrastructures et systèmes de transport intelligents, livraisons et transport de marchandises intelligents.
- ▶ Énergie intelligente, exploration et exploitation minière numériques.

## **Applications et solutions spécifiques à l'industrie**

Parmi les tendances en plein essor, on a beaucoup entendu parler du nuage pour l'éducation et les soins de santé au cours des 12 derniers mois, avec le nuage dans l'industrie et la vente au détail aussi parmi les tendances gagnant des volumes importants partout dans le monde.

Ce chapitre présente les points de vue de différentes sociétés de Reply pour des organisations représentatives dans les secteurs de l'industrie, des télécommunications, de la logistique, de l'énergie et du commerce de détail.

## **Conclusions**

Le cloud computing est de plus en plus répandu chaque jour, tant dans les entreprises que chez les consommateurs. Les entreprises doivent adopter une

approche «holistique» et concevoir des stratégies de cloud computing qui tiennent compte de la sécurité, de l'efficacité et du contrôle des coûts. Le fait d'être natif dans le cloud fait partie intégrante de cette stratégie et la conteneurisation aide les entreprises à créer des architectures multi-clouds impliquant différents fournisseurs de nuages, des nuages privés et des composants périphériques.

L'informatique en périphérie est là pour rester. Les architectures distribuées en nuage et en périphérie augmenteront la vitesse de traitement des données, réduiront les délais et rendront possibles des technologies comme l'IoT et les véhicules autonomes. Les modèles hybrides tels que les nuages de périphérie seront poussés par l'hyperconvergence et le large déploiement 5G donnera aux entreprises de télécommunications un rôle pertinent dans le nouvel écosystème, en particulier grâce à l'informatique en périphérie mobile.

Bien que la pandémie conduise à des réductions des budgets IT/OT, les études de cas présentées dans cette recherche montrent comment l'informatique en périphérie et le cloud distribué peuvent être utilisés comme un levier stratégique.



### Dans le monde entier, le cloud computing est devenu le domaine des TIC le plus populaire lors des différents pics de coronavirus

Après 15 ans de croissance constante, l'attention du public sur l'informatique en nuage a explosé lors de l'épidémie de coronavirus de 2020-2021. Les entreprises qui avaient déjà adopté ces dernières années des processus flexibles basés sur le cloud computing ont affronté cette période difficile avec plus de confiance. D'autres se sont empressées d'adopter les technologies du nuage pour permettre le travail à distance. Dans le monde entier, des millions d'utilisateurs ont commencé à utiliser des plateformes basées sur le cloud pour collaborer, faire des achats en ligne et se divertir.

Pour comprendre l'évolution des tendances du cloud computing avant et après le coronavirus, nous avons utilisé le Trend Sonar de Reply et lancé nos algorithmes d'IA à deux reprises : en mars (avant les grandes vagues d'épidémies de coronavirus) et en décembre (lorsque ces grandes vagues étaient évidentes).

Plus d'informations à propos du [Reply Trend Sonar](#)

#### Tendances du cloud computing – Hype Cycle, mis à jour fin novembre 2020

- CLOUD STRATEGY & TRANSFORMATION
- COGNITIVE & INTELLIGENCE CLOUD
- HPC & BIG DATA CLOUD
- CLOUD-NATIVE TECHNOLOGY STACK
- APPLICATIONS & INDUSTRY-SPECIFIC SOLUTIONS
- EDGE COMPUTING & DISTRIBUTED CLOUD

##### STAGNATING TRENDS

Trends with an above average number of articles over the last 12 months, but declining or low growth compared to 12 months before

##### BOOMING TRENDS

Trends with an above average number of articles over the last 12 months, which is even higher than 12 months before.



##### EARLY TRENDS

Trends with a low number of articles over the last 12 months, and declining or low growth compared to 12 months before

##### UPCOMING TRENDS

Trends with a low number of articles over the last 12 months, but with a high growth compared to 12 months before.

## Le marché du cloud computing après la pandémie de coronavirus

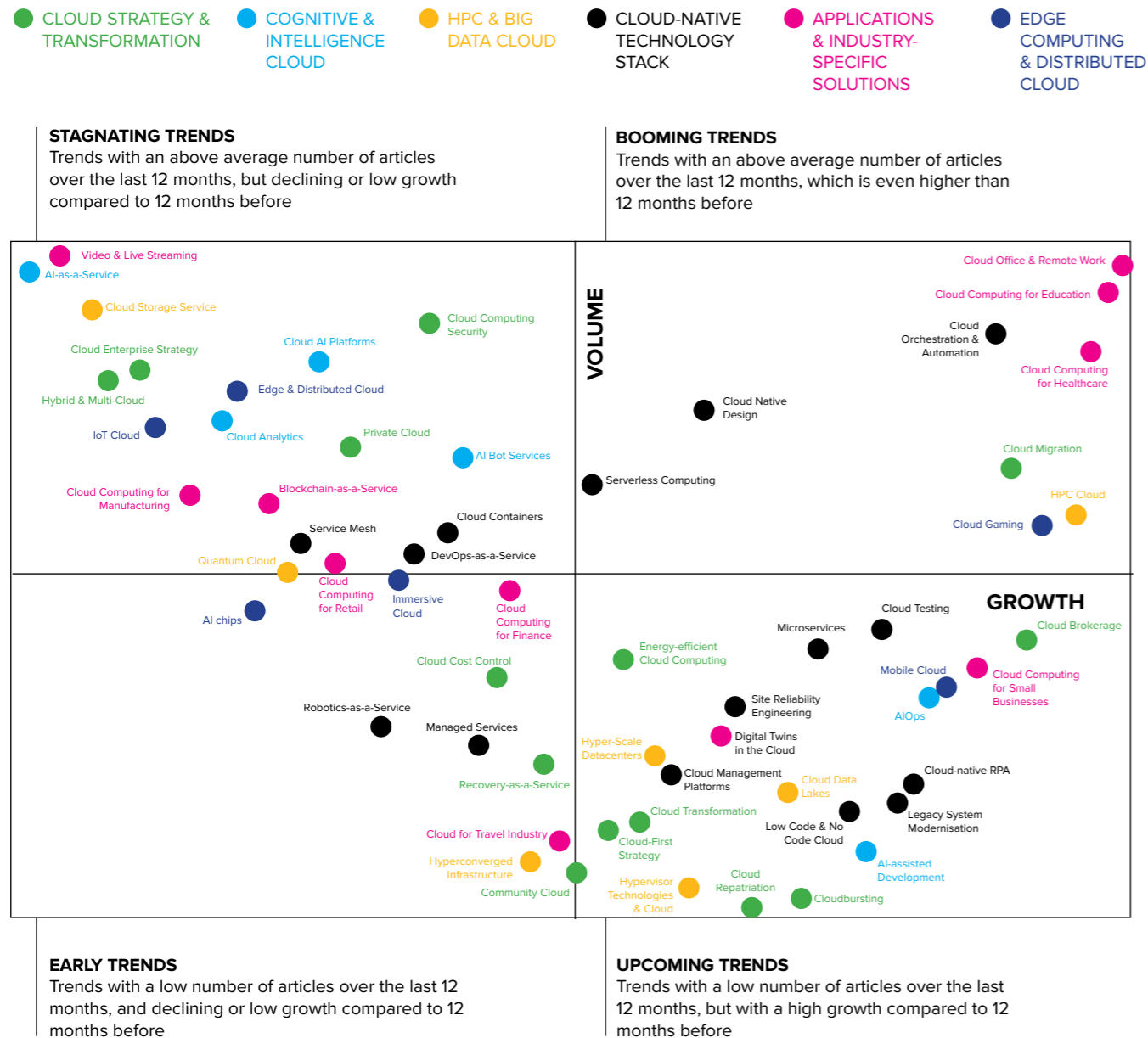
“ Le nuage est considéré comme une bouée de sauvetage pour les entreprises pendant une période d'incertitude, les employés étant soudainement dispersés un peu partout. Tout d'un coup, tous les doutes sur le modèle du nuage - surtout en ce qui concerne la sécurité et les coûts cachés - se sont évaporés.

Joe McKendrick, An Executive's View Of The COVID-19 Crisis: Cloud Computing Is Proving Itself [McKendrick, 2020]



Lors de cette première analyse, certaines tendances étaient déjà évidentes. L'IA en tant que service et les plateformes d'IA dans le nuage étaient en plein essor, suite à l'intérêt croissant pour l'intelligence artificielle et l'apprentissage machine dans notre vie professionnelle et dans notre vie privée. Comme nous le verrons, les nuages périphériques et distribués étaient et sont des sujets cruciaux pour l'avenir immédiat des solutions basées sur les nuages dans les secteurs concernés.

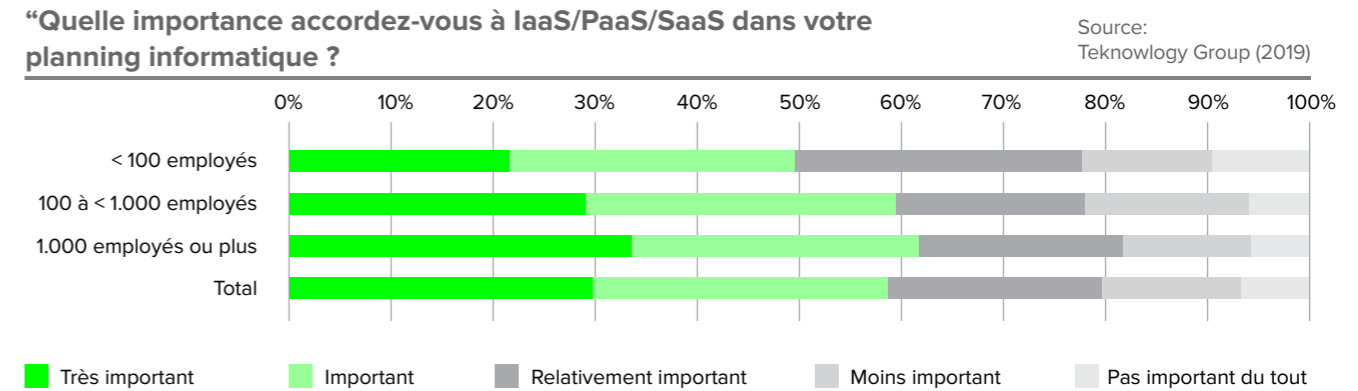
### Tendances du cloud computing – Hype Cycle, mis à jour fin novembre 2020



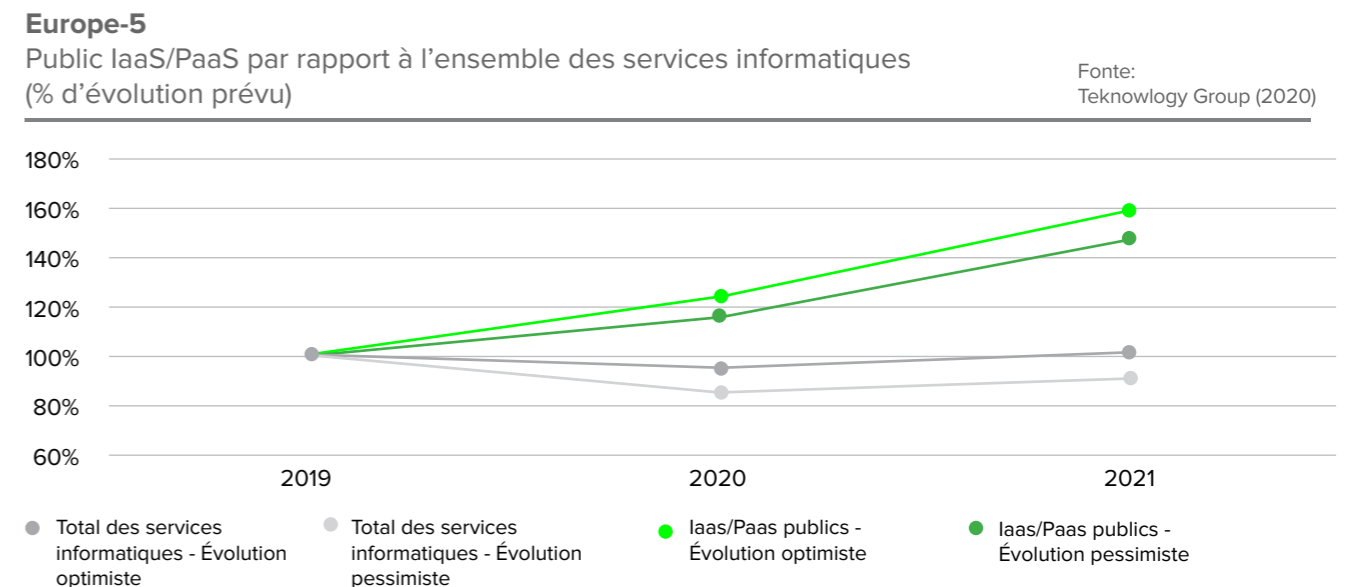
Neuf mois plus tard, certaines tendances s'étaient renforcées. Les technologies d'informatique en nuage pour les soins de santé avaient même attiré l'intérêt même des utilisateurs de grandes entreprises qui s'inquiétaient auparavant des aspects liés au respect de la vie privée et à la conformité. L'informatique à haute performance rendue possible par le cloud a considérablement augmenté sa popularité, grâce à son utilisation dans les secteurs pharmaceutique, des sciences de la vie et d'autres industries impactées par le Coronavirus.

Les confinements ont posé des problèmes aux centres de données en nuage, l'utilisation d'Internet ayant augmenté de 50 % dans certaines régions du monde et l'accès aux informations essentielles étant désormais encore plus indispensable.

### Les dépenses pour les services de cloud computing vont continuer à augmenter même dans une économie mondiale en difficulté



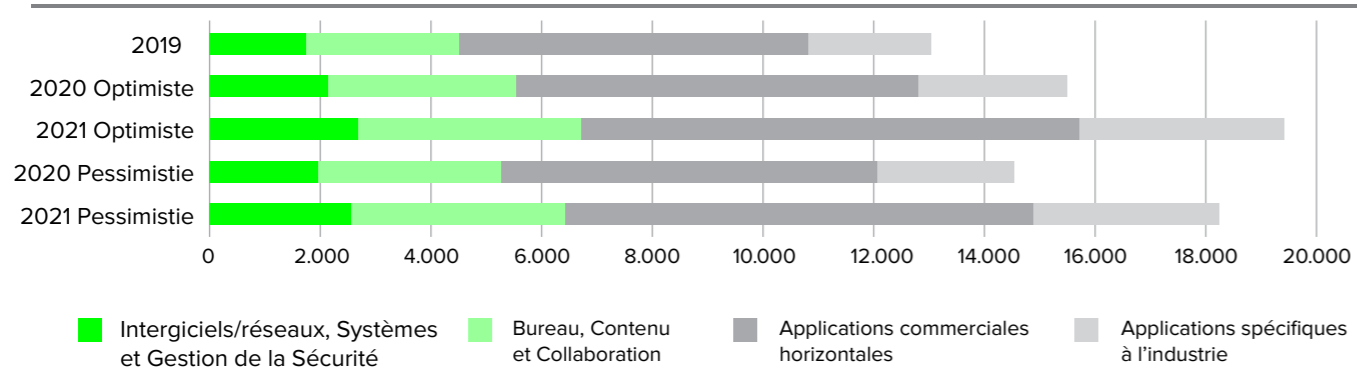
Il y a quelques mois à peine, fin 2019, le cloud computing semblait plus crucial pour les grandes entreprises que pour les petites. Nous sommes certains que le coronavirus a changé la perception du cloud computing parmi les PME et, plus important encore, parmi les utilisateurs finaux. Dans notre analyse sur les marchés internationaux des TIC, nous avons observé que les technologies liées au cloud computing sont la clé pour réagir avec audace et relancer les activités.



Si l'on considère les marchés italien, allemand, français, néerlandais et belge comme un cluster «Europe-5», l'ensemble du marché des services informatiques devait diminuer en 2020, avec une amélioration prévue pour 2021 correspondant aux dépenses de 2019 selon des estimations optimistes. L'investissement dans les technologies de cloud computing public devait augmenter dans tous les scénarios pour les deux années ; les estimations pour la fin 2021 prévoient une croissance d'au moins 50 % par rapport à 2019 dans tous les pays analysés.

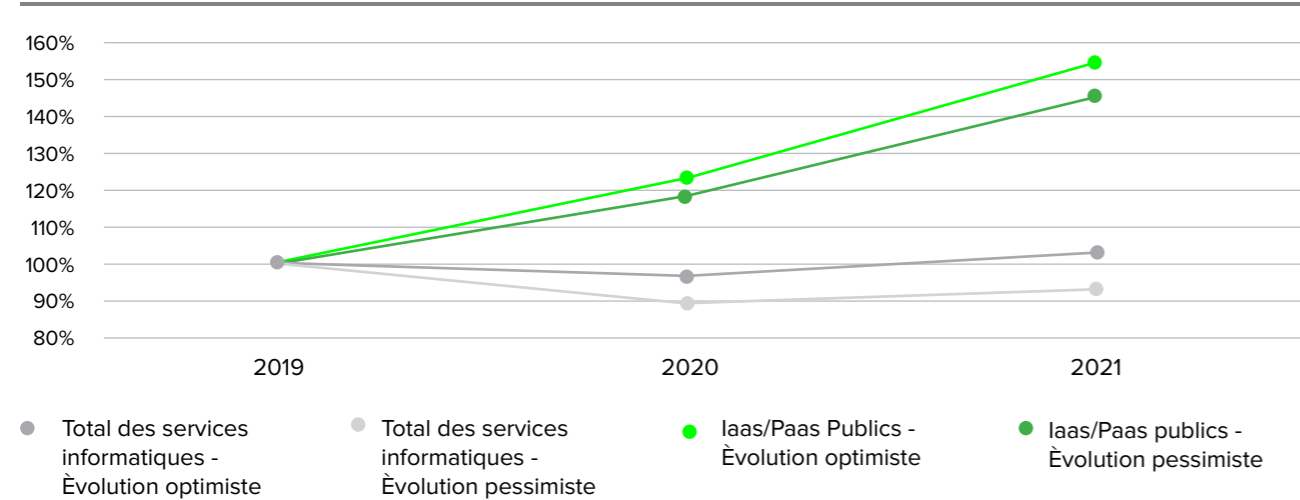


Source: Teknowlogy Group (2020) **Europe-5** Marché du logiciel en tant que service, évolution attendue par segment (millions d'euros)



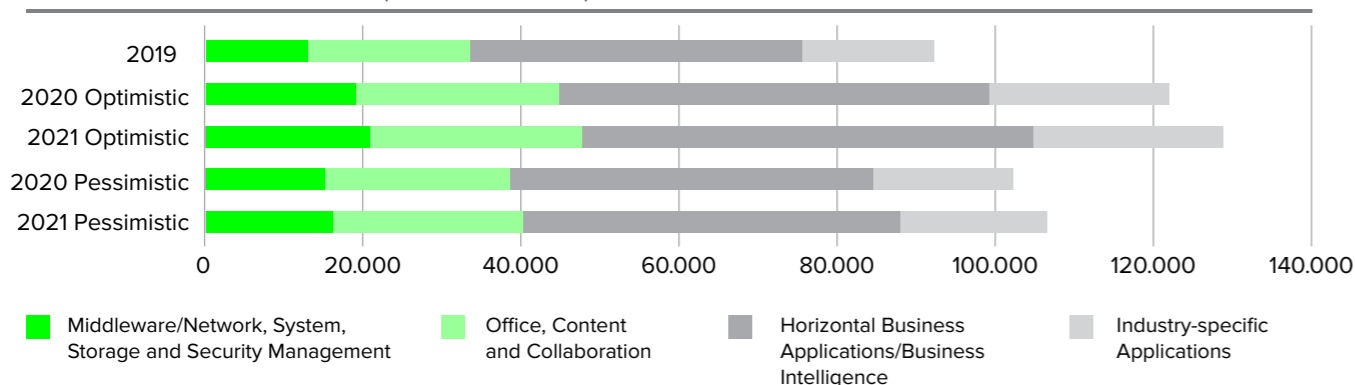
Dans l'ensemble, le Software as a Service (SaaS) dans l'Europe des 5 devrait connaître une forte croissance selon les scénarios pessimiste (+40% 2021 vs 2019) et optimiste (+48% 2021 vs 2019).

Fonte: Teknowlogy Group (2020) **Big-5** IaaS/PaaS public par rapport à l'ensemble des services informatiques, % d'évolution prévu



Dans le groupe des cinq grands marchés américains, britanniques, brésiliens, chinois et indiens, le total des services informatiques devait se redresser d'ici la fin 2021 dans le scénario optimiste et revenir à 96 % de la taille du marché de 2019 d'ici la fin 2021 dans le scénario pessimiste. Les deux scénarios analysés prévoient une forte croissance des marchés du cloud computing, jusqu'à +55%.

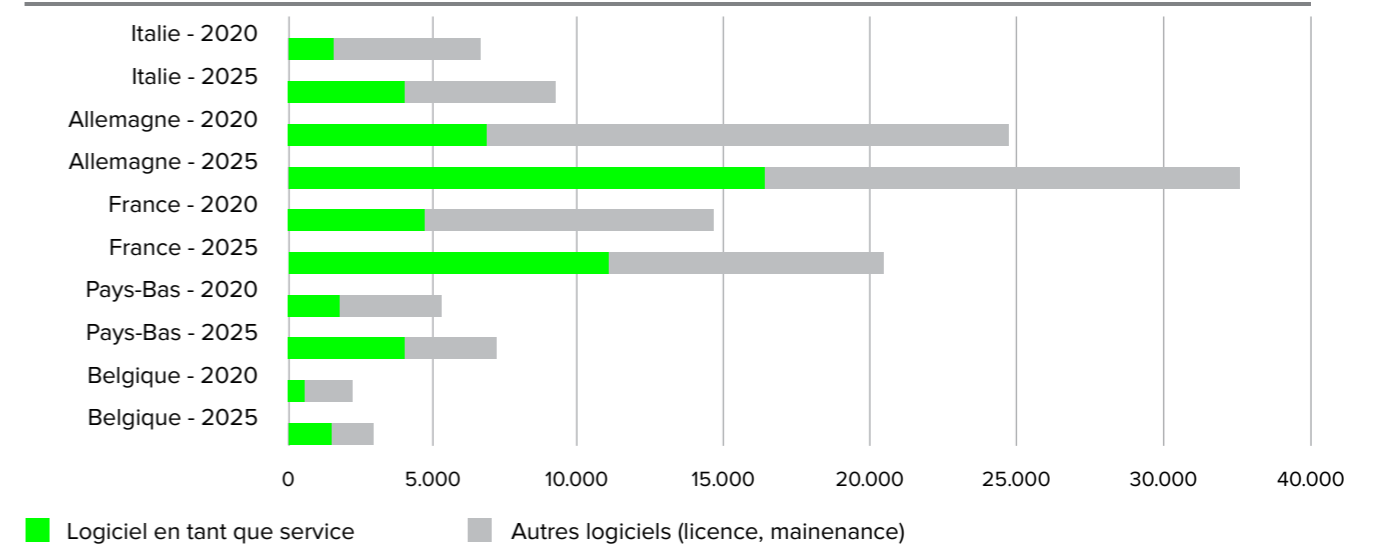
Fonte: Teknowlogy Group (2020) **Big-5** Marché du logiciel en tant que service, évolution attendue par segment (millions d'euros)



Si l'on examine les segments, il est évident que les applications commerciales horizontales et l'intelligence économique sont le domaine de prédilection dans tous les scénarios du Big-5 : une croissance d'au moins 13 % d'ici la fin 2021 par rapport à 2019 est prévue dans tous les scénarios.

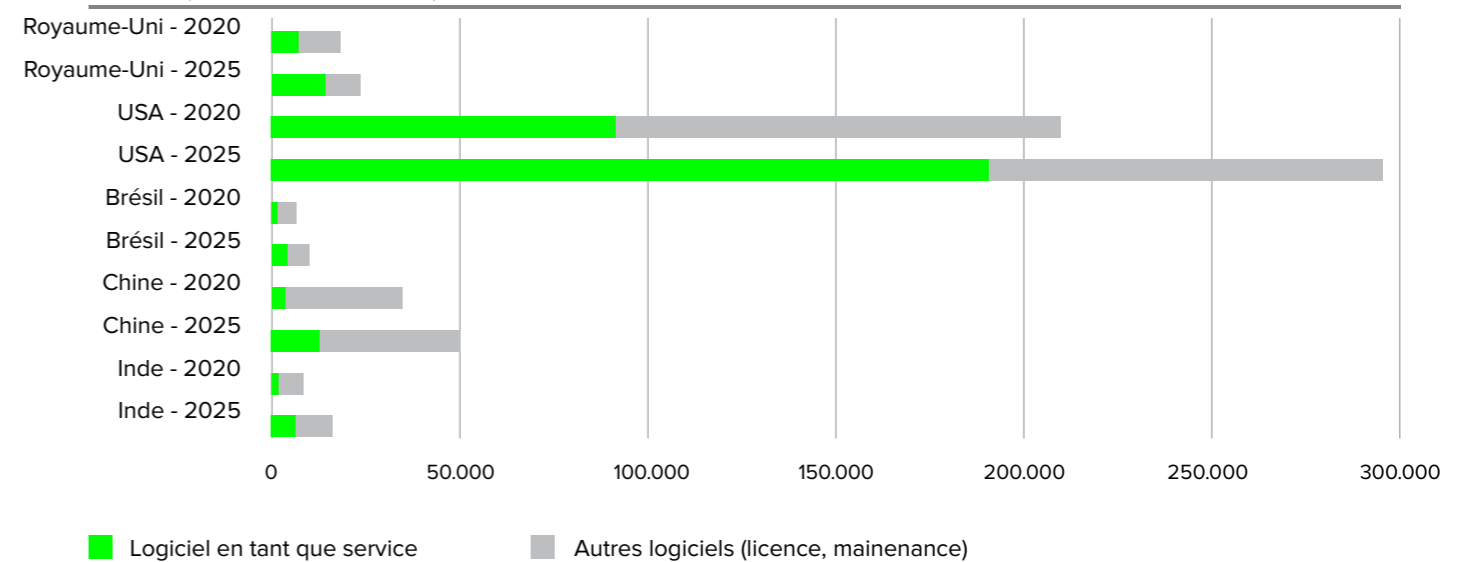
À moyen terme, le marché du SaaS devrait connaître une croissance plus rapide dans tous les pays analysés tant dans le groupe Europe-5 que dans le groupe Big-5.

Source: Teknowlogy Group (2020) **Europe-5** Part du logiciel en tant que service sur le marché des logiciels (en millions d'euros)



L'ensemble du cluster Europe-5 passera de 29% à 51% d'un marché du logiciel qui doublera en seulement 5 ans grâce à la croissance du SaaS.

Source: Teknowlogy Group (2020) **Big-5** Part du logiciel en tant que service sur le marché des logiciels (en millions d'euros)



Les volumes de SaaS augmenteront rapidement dans tous les cinq grands pays. Aux États-Unis et au Royaume-Uni, ils doubleront ; en Inde et en Chine, le marché quadruplera.



## Les principales tendances du marché du cloud computing

“ En plus de la poursuite des projets numériques une fois que les entreprises auront retrouvé une certaine normalité, nous prévoyons que de nombreuses entreprises qui ont commencé à utiliser les services dans le nuage pendant la crise continueront à les utiliser et deviendront des clients payants ”

Matthew Ball, Canalys [TechCrunch, 2020]

### Le marché de l'informatique en nuage connaît une période exceptionnelle

La technologie du nuage est la base et les fondations «en coulisses» de nombreux services courants d'aujourd'hui. Les technologies émergentes telles que l'IA, la réalité augmentée et la réalité virtuelle (AR/VR), l'Internet des Objets (IoT) et l'informatique quantique font également de plus en plus partie du répertoire des fournisseurs de services dans le nuage. Par exemple, le concept de «IA as a Service» ouvre l'intelligence artificielle à une base de consommateurs plus large, en fournissant aux petites entreprises un accès facile à des services commerciaux améliorés par l'IA, accessibles via des services en nuage.

Les volumes de données augmentent de manière exponentielle, grâce à la connectivité toujours plus grande des appareils, ainsi qu'aux nouvelles charges de travail dues aux données intelligentes, à l'analyse en temps réel, au streaming vidéo et aux applications mobiles. Ces facteurs alimentent une énorme demande de stockage et de traitement à haut débit des données. Les fournisseurs de cloud computing ajoutent de plus en plus le calcul haute performance (HPC) à leur paysage de services afin de répondre aux besoins des entreprises en matière de traitement rapide de gros volumes de données et de fournir des cas d'utilisation améliorés par l'IA. Les premières percées dans le domaine de l'informatique quantique ont ouvert la course à des services de cloud révolutionnaires.

Aujourd'hui, être natif dans le cloud est la nouvelle norme. Même dans les secteurs traditionnels comme la banque et l'assurance, la conception d'architectures n'utilisant pas les technologies du nuage est aujourd'hui fortement remise en question.

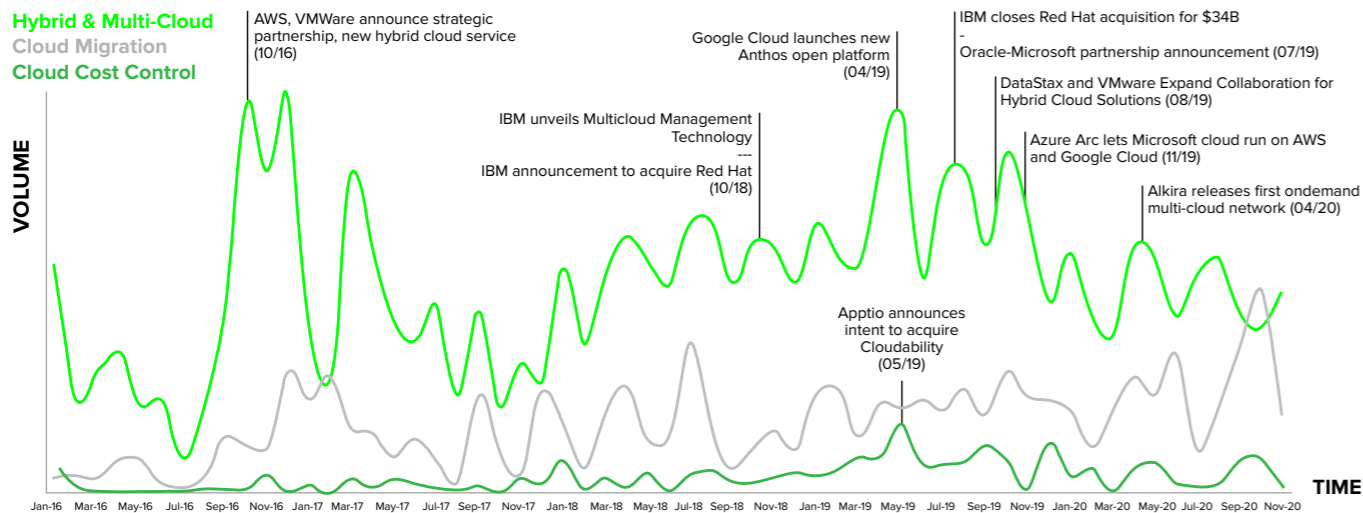
La nécessité de réduire les coûts et d'améliorer l'efficacité des infrastructures TIC incite à utiliser des ressources informatiques partagées dans le nuage. Avec l'adoption croissante du cloud, de plus en plus d'entreprises transfèrent des applications professionnelles critiques dans celui-ci, poursuivant une stratégie hybride multi-clouds pour améliorer la flexibilité des services.



## Stratégie et transformation du Cloud

### Stratégie et transformation du Cloud

Principales tendances enregistrées par le Trend Sonar de Reply, par volume de mentions



Avec l'adoption croissante du développement et des infrastructures «natives» du nuage, on peut constater une forte tendance des entreprises à adopter des stratégies hybrides multi-clouds, connectant les nuages publics à d'autres nuages publics et à des charges de travail sur site. Cela permet aux entreprises d'éviter le verrouillage des fournisseurs et de bénéficier des meilleurs services des deux mondes.

De plus en plus d'organisations déploient des charges de travail chez plusieurs fournisseurs d'infrastructure en tant que service (IaaS) et transfèrent des applications professionnelles critiques dans le cloud. Les outils d'automatisation et les plateformes de gestion du cloud intégrant l'IA vont relever le défi de la gestion d'environnements multi-clouds complexes. En outre, la maîtrise des coûts jouera un rôle de plus en plus essentiel, parallèlement à la sécurité du cloud dans un monde hybride multi-clouds de plus en plus complexe.

Parmi les autres tendances incluses dans cette famille, le cloud computing économe en énergie se développe rapidement et du fait des mesures d'économie imposées aux responsables des TIC en raison de la pandémie, on peut s'attendre à une attention croissante sur l'analyse coûts/bénéfices de chaque application fonctionnant désormais sur les nuages publics.

Outre les solutions propriétaires des principaux fournisseurs d'hyperconvergence, une nouvelle génération de startups soutient la conception et le déploiement de stratégies de cloud computing.

- ▶ Volterra vise à fournir aux fournisseurs de services de communication et aux entreprises une plateforme permettant d'exécuter des charges de travail de manière transparente sur n'importe quelle combinaison de nuages publics et privés.
- ▶ Alkira a dévoilé Alkira Cloud Services Exchange, une offre unifiée, à la demande et multi-clouds qui permet aux architectes et aux ingénieurs réseau de construire

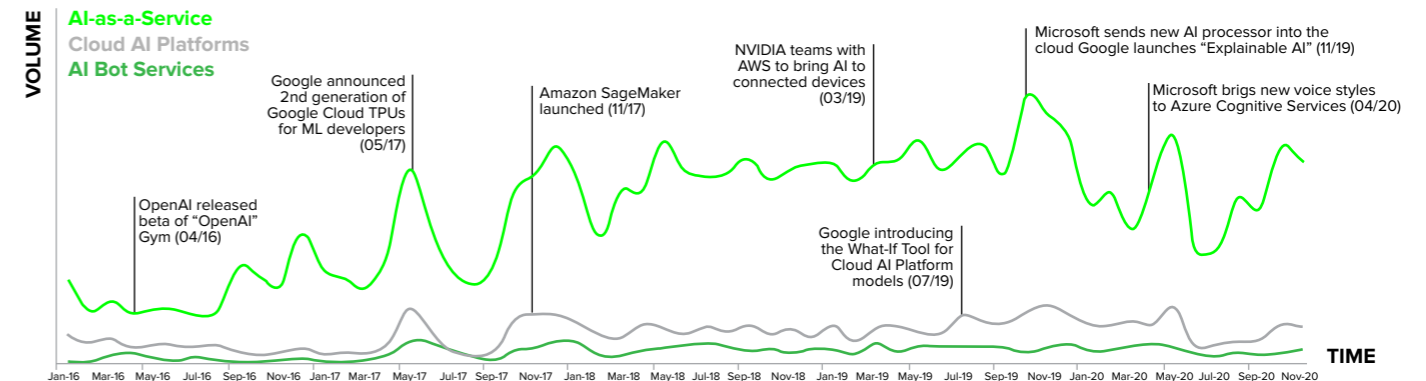
et de déployer un réseau multi-clouds «pointer et cliquer» en quelques minutes.

- ▶ vArmor a développé une technologie de sécurité basée sur l'API qui permet une conformité continue dans les environnements hybrides.
- ▶ Clumio propose des services de sauvegarde pour les cas d'utilisation publique, hybride et multi-clouds dur base d'un modèle SaaS.

## Nuage cognitif et d'intelligence

### Nuage cognitif et d'intelligence

Tendances principales enregistrées par le Trend Sonar de Reply, par volume de mentions



La technologie des nuages démocratise l'intelligence artificielle telle que l'apprentissage profond, l'apprentissage machine, l'automatisation des processus robotiques, le langage et la vision par le biais d'applications de plus en plus nombreuses d'IA as a Service. Cela permet aux utilisateurs d'externaliser l'intelligence artificielle pour les processus commerciaux de base tout en supprimant les grandes limitations de manipulation et de traitement des données. La nécessité de gérer d'énormes volumes de données (par exemple via l'IoT), tout en permettant une prise de décision plus intelligente et en temps réel, ouvre la voie à la transformation des capacités d'IA en une technologie de base pour les entreprises, ainsi qu'en un élément différenciateur pour les fournisseurs de services dans le nuage.

Les plateformes de cloud IA rendent les applications d'intelligence utilisables par les petites entreprises à plus grande échelle, optimisent les processus commerciaux ou améliorent l'expérience des clients. Bien qu'ils ne soient pas encore aussi avancés, les services de robots alimentés par l'intelligence artificielle visent des interfaces conversationnelles et la reconnaissance vocale pour une clientèle plus large.

Un nombre croissant de start-ups et d'acteurs spécifiques à l'industrie affluent dans l'écosystème de l'IA, s'adressant à des industries et des cas d'utilisation spécifiques.

- ▶ ThoughtSpot est une plateforme d'intelligence économique et d'analyse de données de grande envergure basée sur l'IA qui permet d'explorer, d'analyser et de partager facilement des données d'analyse économique en temps réel.
- ▶ Il est évident que l'IA est un service basé sur le cloud qui fournit des analyses prédictives sans exiger de codage de la part des utilisateurs, grâce à une combinaison de traitement du langage naturel et de capacités de type AutoML.
- ▶ Algorithmia propose aux entreprises une plateforme d'automatisation de l'IA qui ne dépend pas du type de nuage.

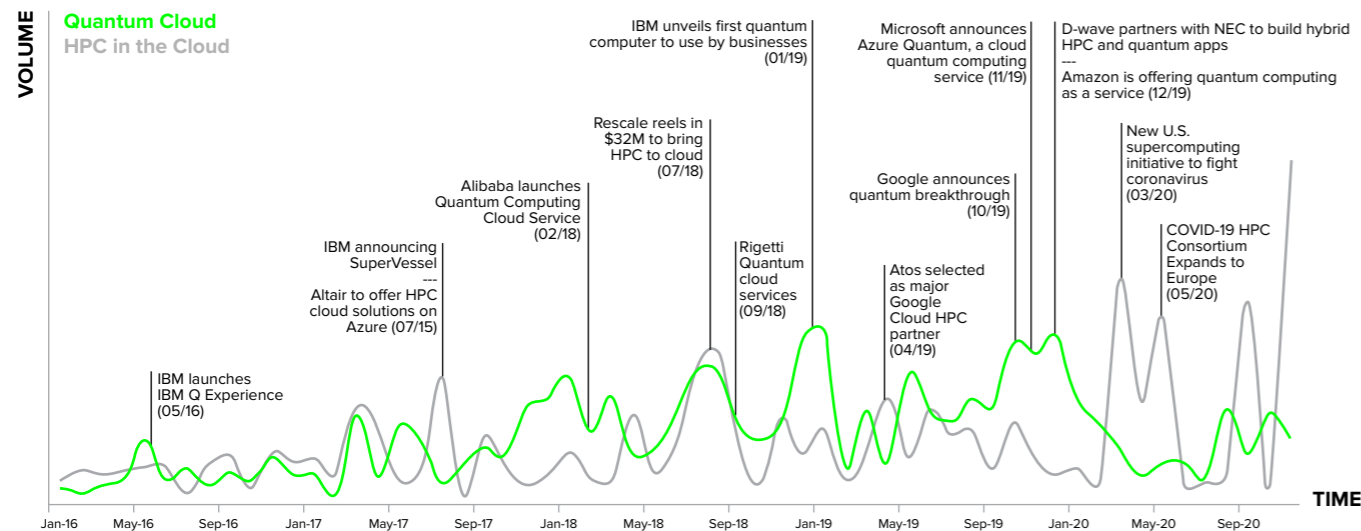


- ▶ Checkr a mis en place un processus soutenu par l'AI pour gérer les vérifications d'antécédents, permettant aux entreprises de prendre des décisions d'embauche plus facilement.
- ▶ Chorus.ai exploite une plateforme d'intelligence conversationnelle pour les équipes de vente, en se connectant aux appels vidéo Zoom et en coachant un représentant commercial en temps réel sur la meilleure réponse à donner.

## Cloud HPC et Big Data

### Cloud HPC et Big Data

Tendances principales enregistrées par le Trend Sonar de Reply, par volume de mentions



Alors que les volumes de données explosent et que les cas d'utilisation par les entreprises d'une puissance de traitement rapide et élevée ne cessent d'augmenter, les fournisseurs de cloud computing ajoutent l'informatique haute performance à leurs services de cloud computing. Dans le même temps, les entreprises adoptent une approche hybride combinant le quantique et le HPC pour des solutions évolutives. Reply aide différents clients à interpréter et à utiliser les possibilités des Clouds HPC et Big Data.

Après le battage médiatique autour du dévoilement par IBM du premier ordinateur quantique à usage professionnel l'année dernière, des entreprises telles qu'Amazon, Google, Microsoft et Intel ont fait des progrès dans la recherche quantique et ont tenté de commercialiser des services quantiques par le biais du cloud. Bien qu'encore à un stade précoce, la commercialisation du nuage quantique pourrait révolutionner le marché, en permettant de réaliser des calculs complexes en une fraction du temps actuel.

Le Trend Sonar de Reply a identifié plusieurs acteurs innovants dans ce domaine.

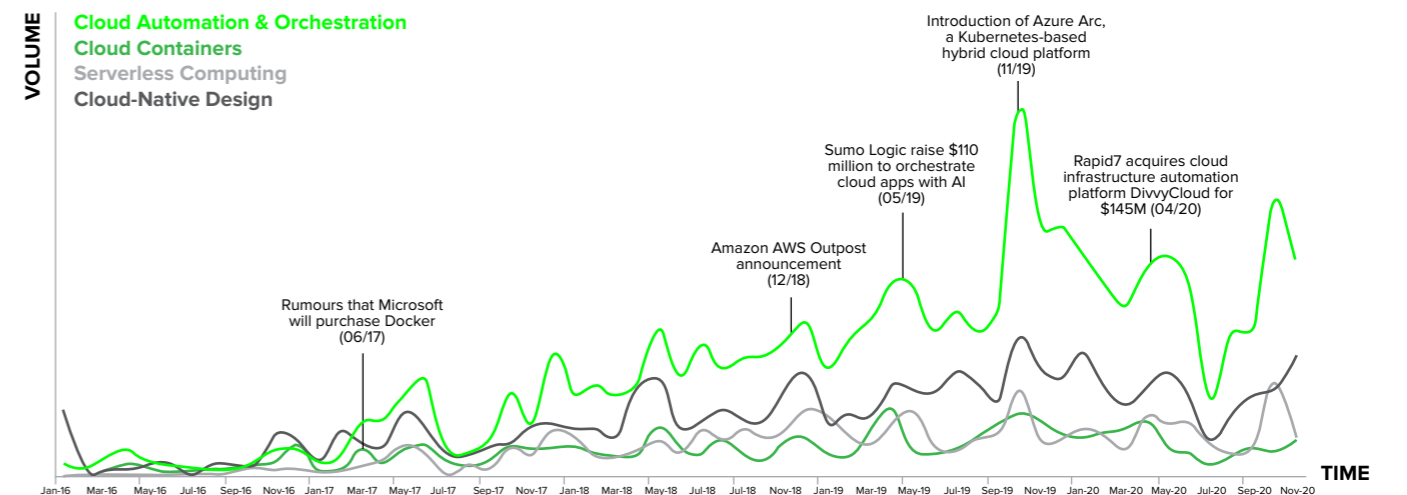
- ▶ La mission de Rescale est de fournir une plateforme de simulation très puissante qui donne du pouvoir aux ingénieurs et aux scientifiques du monde entier.
- ▶ Archanan a lancé la version bêta de sa plateforme de développement en ligne pour la création et le test de code à large échelle.
- ▶ Quantum Machines construit à la fois du matériel et des logiciels pour faire fonctionner les ordinateurs quantiques.

- ▶ Zapata computing est une entreprise de logiciels quantiques qui propose des solutions informatiques à usage industriel et commercial.
- ▶ ProteinQure utilise l'informatique quantique et l'apprentissage machine pour simuler la conception de médicaments à base de protéines.

## Eventail de technologies natives du cloud

### Eventail de technologies natives du cloud

Tendances principales enregistrées par le Trend Sonar de Reply, par volume de mentions



Considérer le cloud comme un élément essentiel de la transformation numérique, l'informatique native du cloud - qui consiste à déployer des applications sous forme de micro-services conditionnés dans des conteneurs et à les orchestrer dynamiquement sur des plateformes - est la plus forte vague de changement dans l'environnement du nuage. La popularité des conteneurs dans le nuage augmente, Docker étant la solution la plus importante dans le domaine de ces conteneurs.

L'automatisation et l'orchestration du cloud sont principalement dues à la popularité croissante des Kubernetes ainsi qu'aux fournisseurs de cloud introduisant ces services pour assurer la compatibilité entre les environnements hybrides. Une autre tendance majeure est l'informatique sans serveur, qui permet aux entreprises de redistribuer l'ensemble de l'infrastructure et d'exercer un plus grand contrôle sur les coûts d'hébergement dans le nuage selon un modèle «pay as you go». Plusieurs startups exploitent le potentiel de ce nouveau paradigme architectural, à la fois sectoriel et intersectoriel.

- ▶ Spectro Cloud permet aux organisations de déployer leur propre service Kubernetes sur une plateforme gérée sans avoir à dépendre d'un grand fournisseur.
- ▶ Kubecost vise à fournir une visibilité sur les ressources de Kubernetes afin de réduire les dépenses et de prévenir les pannes liées aux ressources.
- ▶ Styra, un des leaders de l'autorisation «cloud native», a créé Open Policy Agent pour résoudre les problèmes d'autorisation qui découlent de la vitesse et de la taille des environnements d'application conteneurisés.
- ▶ Le cadre Serverless permet aux utilisateurs de développer et de déployer des applications sans serveur sur l'ensemble des principaux fournisseurs de services en nuage.



## Focus sur l'informatique en périphérie (edge computing) et sur le cloud distribué

“ Nous pensons que l'informatique en périphérie pourrait avoir un impact aussi important sur notre société que le cloud computing. ”

Khalaf Khatatneh, Oussama Nawafleh, Ghassan Al-Utaibi,  
The Emergence of Edge Computing Technology over Cloud Computing [IJPTT, 2020]

### L'informatique en périphérie commence déjà à remodeler le paysage informatique des entreprises - mais ce qu'elle est et ce qu'elle peut apporter est souvent mal compris

L'informatique en périphérie est souvent considérée comme une menace pour le cloud computing. Cependant, la relation entre les deux est plus complémentaire : l'informatique en périphérie peut prendre en charge des tâches informatiques qui ne peuvent pas être correctement effectuées dans le nuage. Avec l'utilisation croissante des solutions IoT, l'intégration plus étroite des technologies de l'information et des technologies opérationnelles et l'intégration des systèmes de contrôle industriel dans la boîte à outils informatique, ainsi que les futures solutions de campus 5G pour les applications à faible latence, le besoin de solutions en périphérie est appelé à s'accélérer.

L'informatique en périphérie a au moins quatre « saveurs » différentes que nous définissons comme suit.

#### ► L'informatique en périphérie « au sens strict »

Il existe plusieurs définitions de l'informatique en périphérie de réseau, généralement associées à des cas d'utilisation concrets. En général, l'informatique en périphérie est une couche entre un dispositif physique ou le monde physique et le centre de données centralisé. Il peut s'agir d'un nuage privé ou public, d'un centre de données centralisé sur site ou d'un centre de données hébergé. Généralement, l'expression « informatique en périphérie » signifie que l'unité de calcul est placée sur place, à proximité ou sur le lieu de travail ou à côté des sources de données qu'elle traite, qu'elle est un serveur/système de stockage ou un appareil standard et que, dans la plupart des cas, elle appartient à l'organisation utilisatrice.

#### ► Nuage en périphérie

Le « Edge Cloud » est souvent utilisé comme synonyme de systèmes ou d'appareils de cloud public sur site, comme AWS Outposts. L'idée est d'avoir des unités de calcul sur place et dédiées pour obtenir une faible latence et une large bande passante et d'avoir l'environnement géré d'un nuage public.

#### ► Nuage distribué

Les nuages distribués offrent une faible latence de calcul, les unités de calcul n'étant pas sur place mais à proximité (< 100 km), ce qui permet une faible latence sans infrastructure locale tout en offrant l'environnement géré d'un nuage public. L'ensemble de l'infrastructure appartient à un fournisseur de nuages publics. C'est également le modèle commercial de certaines entreprises de télécommunications : elles peuvent ouvrir leurs centres de commutation et leurs tours de transmission pour offrir leurs propres services de nuage distribués. En combinaison avec la 5G, cela constituera un véritable différenciateur.

#### ► L'informatique mobile en périphérie

Tout comme le nuage distribué, l'informatique mobile en périphérie offre un

calcul à très faible latence. Les unités de calcul ne sont pas sur site mais très proches (<5 km (idéalement <1 km) et placés dans la tour de téléphonie mobile), ce qui permet une latence très faible sans infrastructure locale. La gestion peut être effectuée soit par le client/l'utilisateur, soit par un fournisseur de services, soit par l'opérateur de télécommunications lui-même. Cela peut constituer un modèle commercial valable pour les entreprises de télécommunications et leurs partenaires fournisseurs de services. Pour les clients, cela garantit une séparation plus nette entre le nuage public et la périphérie, tandis que la connectivité aux infrastructures sur site et au nuage public est garantie.

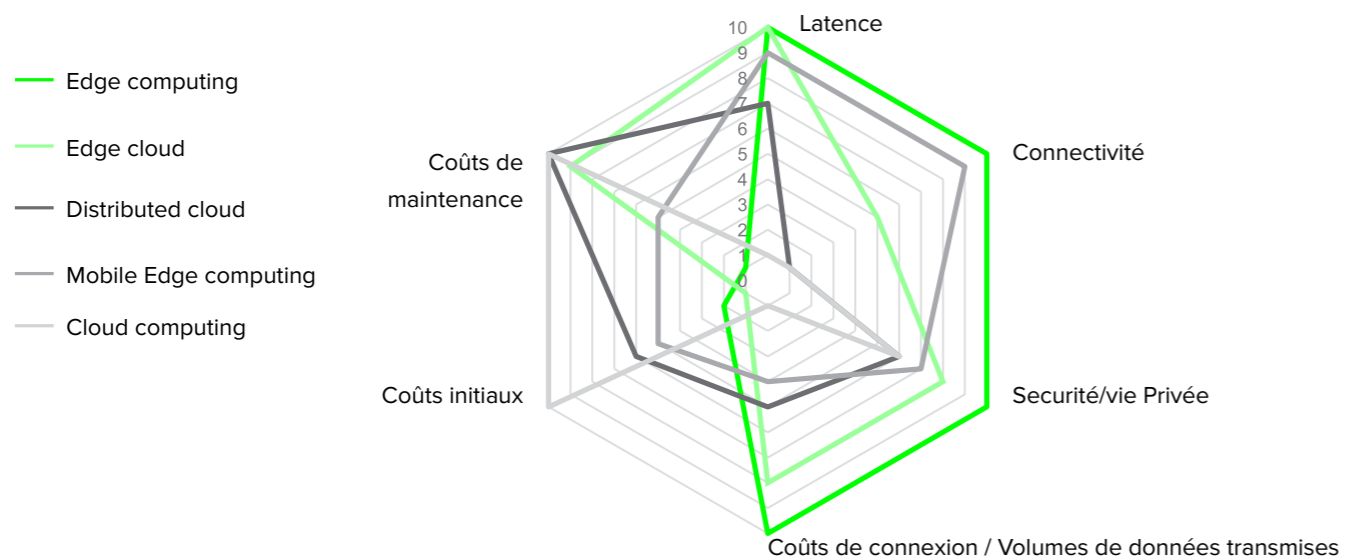
Reply et Teknowlogy Group indiquent qu'il y a quatre raisons principales pour lesquelles l'informatique en périphérie peut jouer un rôle vital dans les architectures informatiques.

- ▶ Latence : certains cas d'utilisation nécessitent un traitement en temps réel ou du moins en temps quasi réel. Les temps de réponse peuvent donc poser problème si le traitement est effectué dans un centre de données éloigné ou si certains nœuds de réseau sont concernés, comme dans le nuage public ou d'autres centres de données situés à des centaines de kilomètres.
- ▶ Connectivité : certains cas d'utilisation nécessitent une puissance de calcul dans des zones où la connectivité à large bande ou même la connectivité mobile n'est pas disponible, ce qui signifie que l'informatique locale est nécessaire.
- ▶ Sécurité/vie privée : dans certains cas d'utilisation, les données ne doivent pas être distribuées en raison de règles de conformité, tandis que dans d'autres, les utilisateurs souhaitent simplement que certaines données restent dans leur périmètre.
- ▶ Coûts de connexion et volumes de données transmises : même si la connectivité est disponible, il peut être intéressant d'analyser les données à la périphérie et de ne recueillir que les résultats dans un centre de données central ou dans le nuage pour économiser les coûts de connexion.

Selon le cas d'utilisation réel, les différentes variantes de l'informatique en périphérie sont plus ou moins avantageuses.

Fonte: Teknowlogy Group, 2020

### Confronto tra i diversi modelli di edge computing e cloud computing

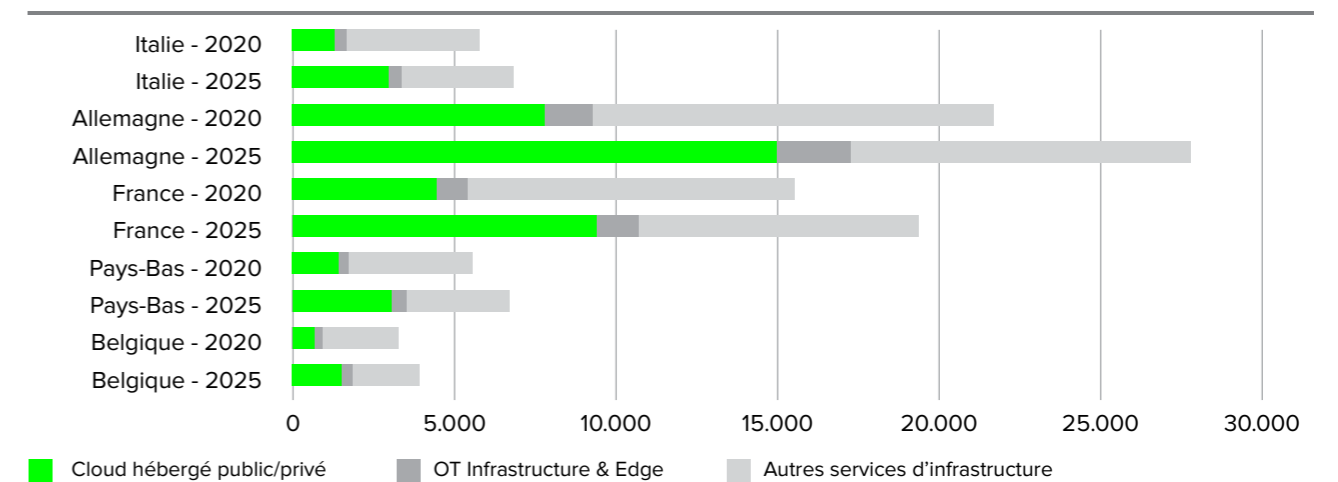


L'informatique en périphérie offre des avantages évidents si une faible latence, la connectivité, la sécurité ou la confidentialité ainsi que les volumes de données transmises posent problème. Les désavantages sont des coûts initiaux et des frais de maintenance relativement élevés. De l'autre côté du spectre se trouve le cloud computing pour lequel les coûts initiaux et les frais de maintenance sont modérés, mais où la latence, la connectivité et les volumes de données transmises, ainsi que les coûts associés, peuvent poser problème. Le cloud en périphérie et le cloud distribué se situent entre ces deux extrêmes.

## L'informatique en périphérie en tant que composante importante du marché des technologies opérationnelles connaîtra une croissance rapide au cours des cinq prochaines années

Europe-5 Part public/privé du cloud hébergé et de l'infrastructure de l'OT & edge sur le marché des services d'infrastructure (en millions d'euros)

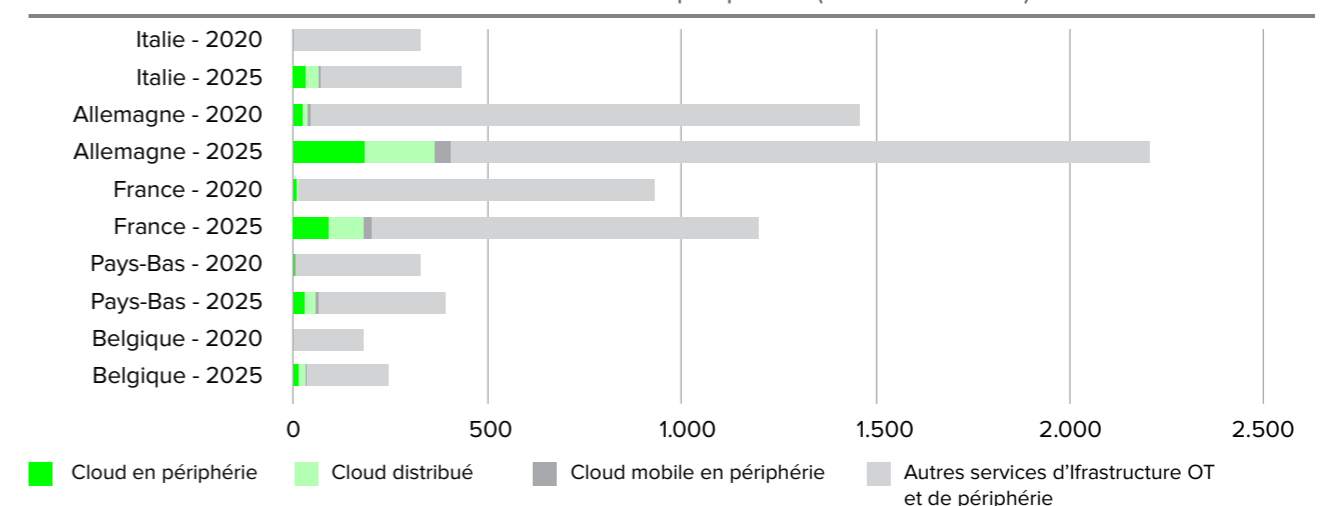
Source: Teknowlogy Group (2020)



Le marché des services d'infrastructure devrait se développer dans tous les pays d'Europe-5. La plus forte augmentation est prévue pour l'Allemagne, avec une croissance de 28 % (2025 par rapport à 2020). Le cloud computing et l'informatique en périphérie contribueront tous deux à cette augmentation.

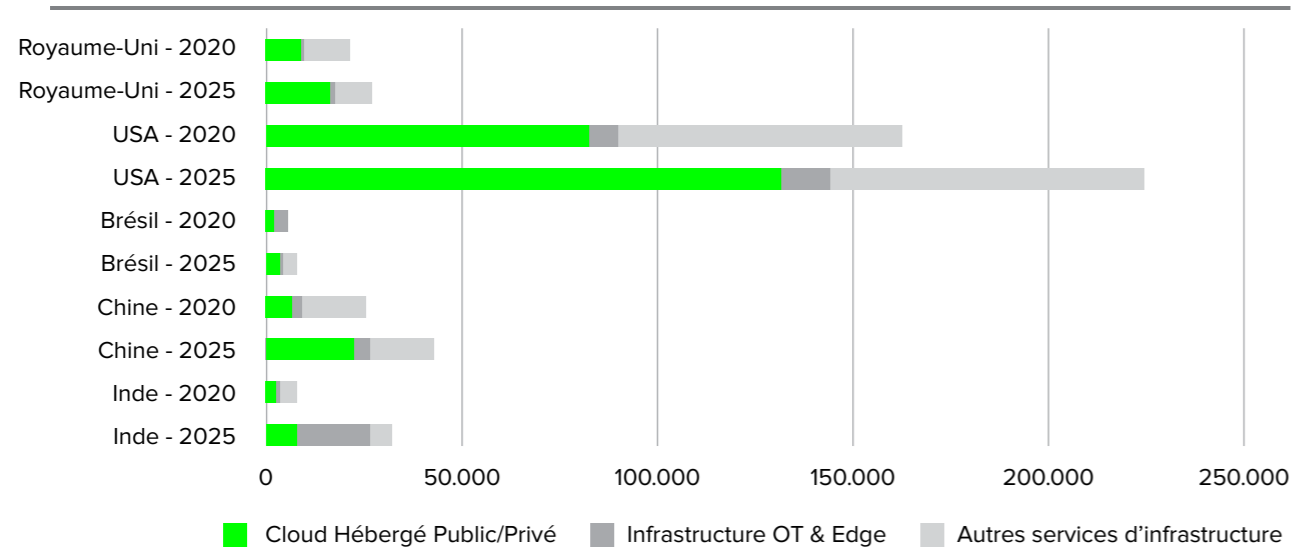
Europe-5 Part des différents modèles d'informatique en périphérie dans les marchés de l'infrastructure OT et des services en périphérie (millions d'euros)

Source: Teknowlogy Group (2020)



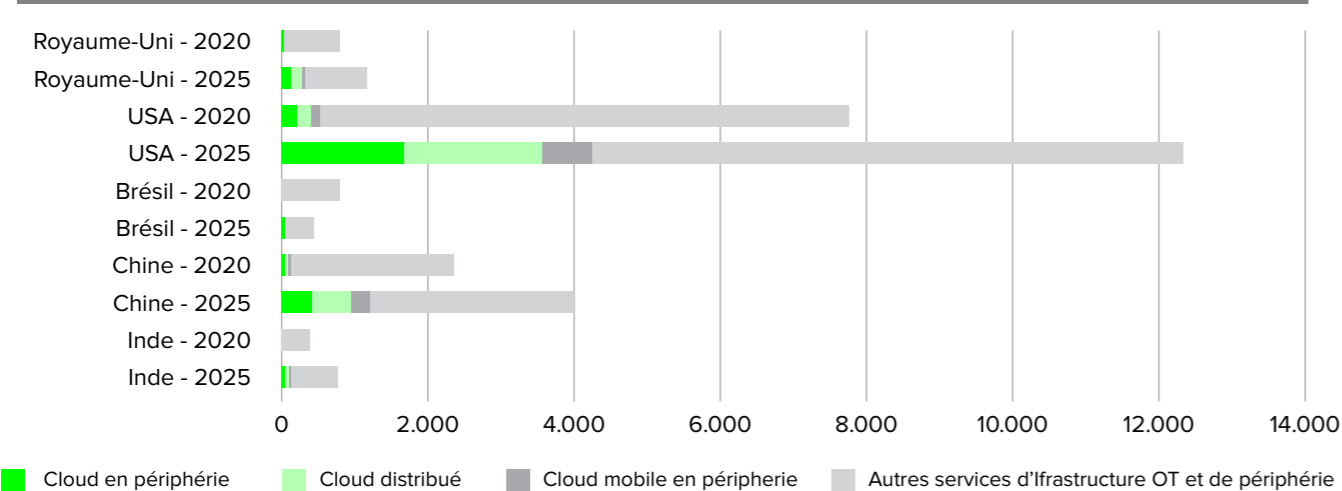
Sur le marché des infrastructures et des services en périphérie, le leadership européen de l'Allemagne se manifeste dans toutes les «saveurs» de l'informatique en périphérie. Même s'il est encore limité en 2020, les segments du cloud de périphérie et du cloud distribué devraient être (au moins) dix fois plus importants au sein de ce groupe en seulement cinq ans ; la croissance de l'informatique de périphérie mobile devrait être au moins sept fois plus importante dans le même temps. Le marché cumulé de l'infrastructure et des services de périphérie pour le cluster Europe-5 devrait dépasser 4,5 milliards d'euros en 2025 tandis que le nuage de périphérie et le nuage distribué pèseront chacun 8 %.

Source: Teknowlogy Group (2020) **Big-5** Part public/privé du cloud hébergé et de l'infrastructure de l'OT & edge sur le marché des services d'infrastructure (en millions d'euros)



En ce qui concerne le cluster Big-5, tant le marché du cloud hébergé public/privé que celui des infrastructures OT et de périphérie devraient connaître une croissance de 60 % aux États-Unis. L'ensemble du cluster devrait atteindre près de 183 milliards d'euros pour le marché du cloud public/privé hébergé et 19 milliards d'euros pour l'ensemble du marché de l'infrastructure OT et du marché de périphérie.

Source: Teknowlogy Group (2020) **Big-5** Part des différents modèles d'informatique en périphérie dans les marchés de l'infrastructure OT et des services en périphérie (en millions d'euros)

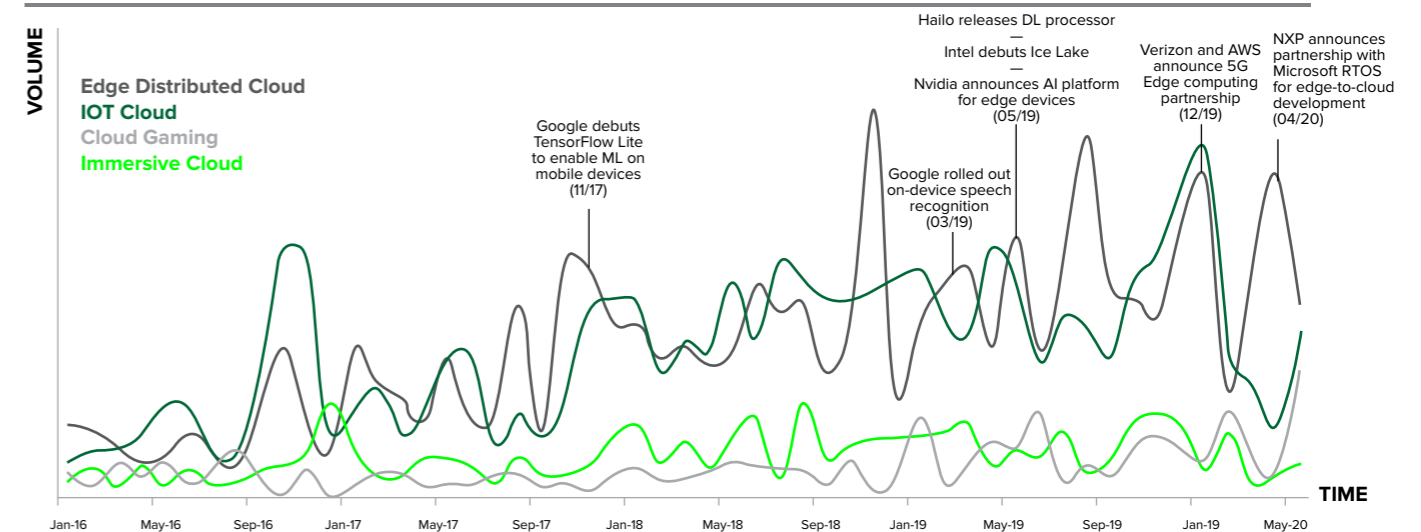


Comme pour le cloud computing, les États-Unis seront également les plus importants en volumes d'informatique en périphérie. Si l'on considère l'ensemble du cluster Big-5, le marché du cloud distribué atteindra 2,7 milliards d'euros, celui du cloud de périphérie 2,3 milliards d'euros et celui de l'informatique de périphérie mobile 1,1 milliard d'euros en 2025.

## Les tendances de l'informatique en périphérie et du cloud distribué identifiées par le Trend Sonar de Reply se rapprocheront d'un «Internet de tout» dans un avenir proche

### Informatique en périphérie & cloud distribué

Tendances principales enregistrées par le Trend Sonar de Reply, par volume de mentions



Les thèmes de l'informatique en périphérie et des nuages distribués rassemblent toutes les tendances vers des infrastructures multi-clouds décentralisées et distribuées ainsi que la « cloudisation » de la périphérie, avec des géants des nuages qui poussent la prise de décision informatique à la périphérie. En outre, la tendance du nuage de l'IoT se développe avec les plateformes qui améliorent la connectivité des appareils. La technologie Edge prendra également de plus en plus de place pour les jeux et les technologies de AR/VR, permettant ainsi les jeux en nuage et l'immersion dans le nuage.

L'avenir de la technologie en périphérie dans le nuage permettra ce que l'on appelle «l'Internet de tout», avec le nuage comme point d'agrégation pour la plupart des données pertinentes et pour des fonctions de back-end, soutenu par des analyses et des fonctions en temps réel à la périphérie. Les approches décentralisées du nuage sont rendues possibles par les progrès des plateformes en périphérie et de l'intelligence artificielle, ainsi que par les technologies d'amélioration de la connectivité comme la 5G ou la Wi-Fi 6.

Quand on regarde les firmes impliquées, à part les géants du cloud, les sociétés le plus en vue sont la start-up d'analyse en temps réel Swim.ai, suivie par Xnor.ai (récemment rachetée par Apple), la start-up d'intelligence artificielle Kneron, la start-up de puces Greenwaves et la plateforme d'informatique mobile Affirmed (récemment rachetée par Microsoft). De nombreuses autres start-ups attirent de plus en plus l'attention, surtout grâce à la perspective d'un développement commercial très important.

- ▶ La plateforme informatique en périphérie de Pensando est censée être 5 à 9 fois plus performante en termes de productivité et de taille que celles des cloud providers
- ▶ Cartesiam a développé Nanoedge AI qui est un ensemble d'algorithmes d'apprentissage machine pour comprendre et exploiter les données dans les microcontrôleurs.
- ▶ Cloudian a lancé une nouvelle filiale d'analyse de la périphérie appelée edgematrix, qui fournit des solutions pour répondre aux besoins de l'IA en matière de traitement de grands ensembles de données à la périphérie.
- ▶ Boinc permet aux chercheurs de créer des réseaux volontaires de PC domestiques pour résoudre des problèmes de calcul au sein d'un réseau distribué en nuage.
- ▶ Cubbit a pour objectif d'être le premier fournisseur de services en nuage écologique, sécurisé et distribué sans centre de données propriétaire à entretenir.



## Les cas d'utilisation de l'informatique en périphérie et du cloud distribué selon teknowlogy group

“ L'informatique en périphérie sous toutes ses formes peut générer de nouveaux modèles commerciaux importants et combler le fossé de la latence, de la connectivité et de la vie privée avec l'informatique dématérialisée dans le Cloud ”

Wolfgang Schwab, Responsable de la Cybersécurité, Teknowlogy Group



## Reply a demandé à Teknowlogy Group d'identifier les cas d'utilisation les plus pertinents dans les industries importantes

Pour chaque cas d'utilisation, les experts du Teknowlogy Group ont identifié à la fois l'état des connaissances et les possibilités d'évolution à moyen terme. Cette légende illustre leur point de vue sur les exigences techniques, fonctionnelles et commerciales attendues pour chaque cas d'utilisation.

	Latence	Connectivité	Sécurité et vie privée	Volume de données transmises (coûts de connectivité)	Coûts initiaux	Frais généraux de maintenance
○	Aucune exigence particulière en matière de latence	Aucune exigence particulière en matière de connectivité	Pas d'exigences spécifiques en sécurité / respect de la vie privée	Aucun besoin particulier en matière de volume de données	Pas d'exigences particulières	Pas d'exigences particulières pour les frais de maintenance
◐	Besoins de faible latence	Besoins de connectivité à bas débit	Faibles exigences en sécurité / respect de la vie privée	Besoins réduits (2,5G/câble en cuivre)	Faibles exigences	Faibles exigences pour les frais de maintenance
◑	Besoins de latence moyenne	Besoins de connectivité moyenne	Exigences moyennes en sécurité / respect de la vie privée	Besoins moyens (3G/DSL)	Exigences moyennes	Exigences moyennes pour les frais de maintenance
◒	Besoins de latence moyenne à élevée	Besoins de connectivité moyenne à élevée	Exigences élevées en sécurité / respect de la vie privée	Besoins élevés (4G/VDSL)	Exigences moyennes à élevées	Exigences moyennes à élevées pour les frais de maintenance
◓	Besoins de latence élevée (en temps réel)	Besoins de connectivité à haut débit	Exigences très élevées en sécurité / respect de la vie privée	Besoins très élevés (5G/fibre optique)	Exigences très élevées	Exigences très élevées pour les frais de maintenance (complexes/ continus)

### Véhicules connectés

Les voitures, camions, bus, navires, trains et autres véhicules connectés communiquent en permanence et de manière bidirectionnelle avec les écosystèmes (par exemple, les propriétaires, les conducteurs, les assureurs, les garages) et les environnements (feux de circulation, autres véhicules, maisons intelligentes). Les technologies liées à l'IoT permettent de fournir des services intelligents tels que la gestion du trafic, la maintenance prédictive et les solutions après-vente.

#### Chaînes de services connectés

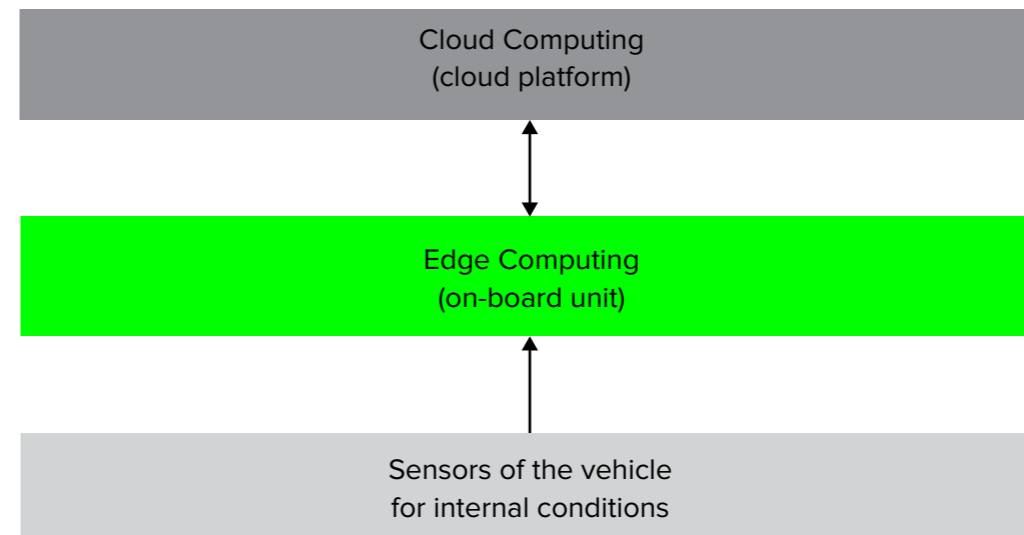
Les chaînes de services connectés comprennent les technologies numériques telles que la mobilité, les capteurs, l'intelligence artificielle et les interfaces de conduite innovantes. Elles ouvrent la voie à des services intelligents liés à la connectivité tels que le diagnostic à distance et la maintenance prédictive, le service de garage automatisé, l'assurance basée sur la situation, l'assistance au conducteur et les services de mobilité étendue.

Les exigences les plus difficiles à satisfaire : la connectivité, qui n'est assurée dans aucune région, les frais généraux de maintenance qui devraient être limités pour l'infrastructure du véhicule et le coût initial de la solution.

Latence	Connectivité	Sécurité et vie privée	Volume de données transmises (coûts de connectivité)	Coûts initiaux	Frais généraux de maintenance
○	●	◐	◑	◒	◓

Approche actuellement privilégiée : à deux niveaux, avec une petite unité informatique embarquée en périphérie qui rassemble les données nécessaires, les préanalyse et les envoie à des plateformes en nuage appropriées pour une analyse plus approfondie.

#### Architecture pour le cas d'utilisation des "chaînes de services connectés"



#### Assistance au conducteur et véhicules autonomes

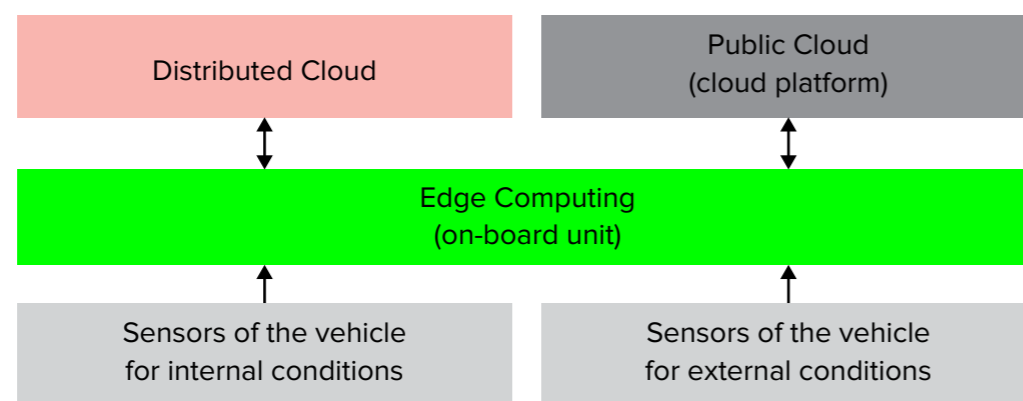
Les véhicules autonomes perçoivent leur environnement à l'aide de diverses techniques (telles que RADAR, LiDAR, GPS, odométrie et vision par ordinateur) pour la conduite et la navigation. Des systèmes de contrôle sophistiqués interprètent les informations sensorielles pour identifier les voies de navigation optimales ainsi que les obstacles (autres véhicules, piétons, dégâts de la route) et la signalisation pertinente. Les véhicules autonomes sont divisés en six niveaux différents, allant de systèmes non automatisés à des systèmes entièrement automatisés. Bien que les véhicules entièrement automatisés soient encore des rêves futuristes en ce qui concerne la circulation des voitures ou des camions publics, les systèmes d'assistance au conducteur sont déjà importants aujourd'hui.

Exigences les plus difficiles : la latence car les informations en temps réel sur les obstacles routiers peuvent être vitales ; la sécurité car des informations incorrectes peuvent entraîner des décisions fatales ; les exigences élevées en matière de connectivité (pour les informations externes, mais les principales fonctions doivent fonctionner sans elles) ; les volumes de données, selon le type de système d'assistance ou le niveau d'autonomie. Les frais généraux de maintenance et les coûts initiaux doivent être limités, afin de maintenir le prix global du véhicule à un niveau minimum.

Latence	Connectivité	Sécurité et vie privée	Volume de données transmises (coûts de connectivité)	Coûts initiaux	Frais généraux de maintenance
●	◐	●	◑	◒	◓

Approche actuellement privilégiée : trois niveaux avec une unité informatique embarquée en périphérie qui recueille les données des capteurs embarqués et interprète les informations des deux autres niveaux, c'est-à-dire un nuage distribué pour les informations externes au véhicule qui sont critiques en termes de temps et une plateforme de nuage pour les données moins critiques en termes de temps.

#### Architecture pour le cas d'utilisation "assistance au conducteur et véhicules autonomes"



Au fur et à mesure que les véhicules deviendront de plus en plus autonomes, ce cas d'utilisation évoluera vers un modèle à quatre niveaux puisque des unités de nuages en périphérie le long des routes principales et des solutions informatiques mobiles en périphérie seront utilisées pour mieux répondre aux besoins en temps réel.

### L'usine numérique

Une usine numérique utilise des produits et des services intelligents pour devenir un système de production cyberphysique hautement efficace et intégré. Cela couvre l'amélioration des processus de production internes, de l'intralogistique et de la chaîne d'approvisionnement, y compris la fourniture de produits et services intelligents pour aider d'autres à mettre sur pied une usine numérique.

#### Le travailleur connecté

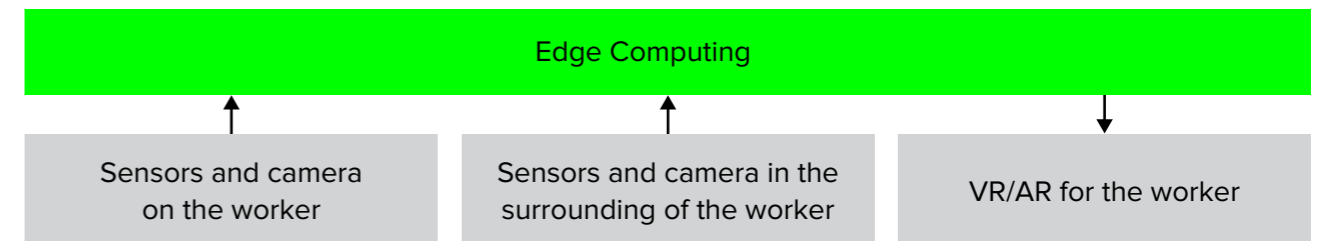
Les travailleurs connectés utilisent des systèmes numériques de soutien aux travailleurs (via la réalité augmentée ou d'autres technologies de visualisation) pour améliorer la prise de décision, la qualité et l'efficacité. En outre, ils peuvent collecter des données par le biais de capteurs (par exemple via des appareils portables ou des caméras) et les transmettre aux systèmes d'ingénierie et de production.

Latence	Connectivité	Sécurité et vie privée	Volume de données transmises (coûts de connectivité)	Coûts initiaux	Frais généraux de maintenance
●	●	●	◐	◐	◐

Exigences les plus compliquées : la latence car le guidage vidéo en temps réel sur les prochaines étapes du processus de maintenance d'une machine peut être vital ; la connectivité si l'usine se trouve dans une zone rurale ; la sécurité car des informations incorrectes peuvent entraîner de mauvaises actions de la part du travailleur.

Approche actuellement privilégiée : l'informatique en périphérie pure, qui reçoit des données de capteurs et des vidéos du travailleur et éventuellement de son environnement, analyse ces données et fournit au travailleur des informations pertinentes.

#### Architecture pour le cas d'utilisation du "travailleur connecté"



A moyen terme : peu de changements, mais la disponibilité de la 5G devrait contribuer à réduire les coûts d'exploitation en permettant au cloud distribué de remplacer l'informatique en périphérie.

#### Jumelage numérique

Un jumeau numérique permet le développement, l'essai, la production et la maintenance virtuels d'un produit physique en utilisant des technologies numériques telles que la réalité virtuelle. Il est possible d'interagir avec le produit numérique de la même manière qu'avec le produit physique. Un produit physique peut également recueillir des données de capteurs qui peuvent être utilisées pour mettre à jour une copie «jumelle numérique» de l'état du produit en temps quasi réel.

Les jumeaux numériques sont utiles dans la production car non seulement des produits mais aussi des usines de production entières peuvent être reproduits sous forme de jumeaux numériques afin que les procédures puissent être testées et que les processus de production puissent être optimisés avant la production réelle. Les jumeaux numériques montrent donc deux composantes différentes suivant le cas d'utilisation. Les jumeaux numériques sur le site d'un client ne posent pas de problèmes importants mais les jumeaux numériques sur le site du fabricant peuvent avoir des exigences élevées en matière de connectivité et de volumes de données transmises.

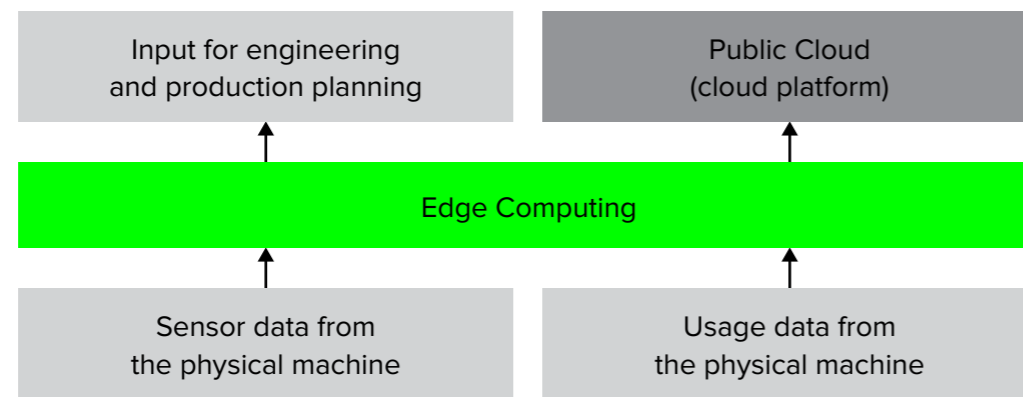
Pour construire un jumeau numérique qui réponde à la fois aux besoins internes et externes, les points de vue du client et du fabricant doivent être combinés. Il en résulte un système à faible latence, à forte connectivité et à forte exigence de volume de données transmises.

Latence	Connectivité	Sécurité et vie privée	Volume de données transmises (coûts de connectivité)	Coûts initiaux	Frais généraux de maintenance
●	●	○	●	◐	◐

Approccio architetturale: due livelli, con un sistema di edge computing per raccogliere i dati necessari e fornirli al digital twin in locale per engineering e pianificazione della produzione, quindi un'istanza di public cloud presso il produttore per eseguire il proprio digital twin.



### Architecture pour le cas d'utilisation du "jumeau numérique"



A moyen terme : ne changera pas grand-chose, mais la 5G pourrait signifier que l'infrastructure informatique en périphérie sur site pourrait être remplacée par une approche distribuée en nuage, ce qui contribuerait à minimiser les coûts d'exploitation.

#### Maintenance prédictive

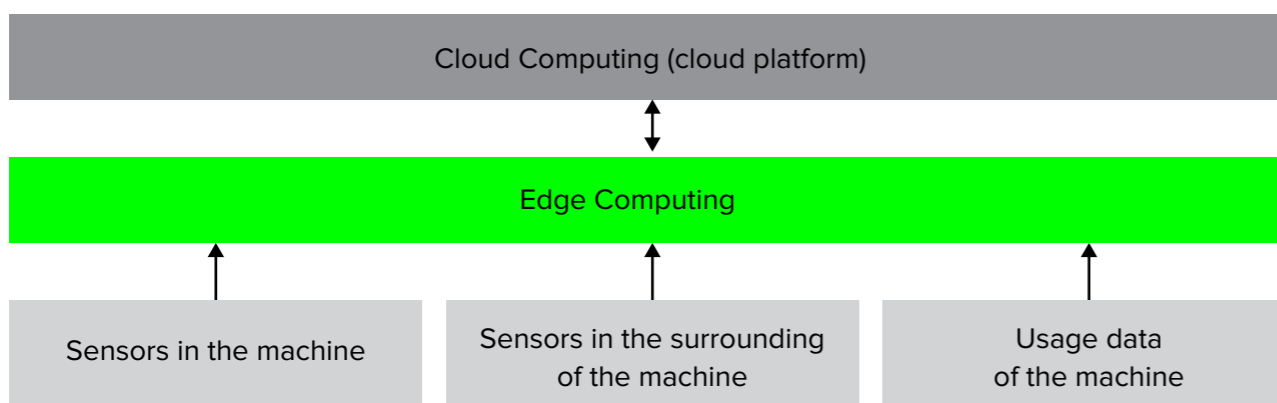
La maintenance prédictive permet de programmer en amont les services de maintenance afin d'éviter les défaillances imprévues des équipements, grâce à la collecte automatique d'alertes et au déclenchement de tickets d'incident. Pour ce faire, les données des capteurs à l'intérieur et à l'extérieur de l'équipement doivent être analysées et des actions connexes doivent être déclenchées.

Les exigences les plus difficiles : les besoins de connectivité sont élevés tout comme le volume de données transmises. Les frais généraux de maintenance et les coûts initiaux doivent être limités car la plupart des acheteurs n'accepteront pas des coûts supplémentaires élevés pour les machines.

Latence	Connectivité	Sécurité et vie privée	Volume de données transmises (coûts de connectivité)	Coûts initiaux	Frais généraux de maintenance
○	●	○	●	◐	◐

Approche actuellement privilégiée : à deux niveaux avec une unité informatique en périphérie qui rassemble les données nécessaires, les analyse et envoie les demandes de service appropriées ou les données accumulées à la plateforme cloud du fournisseur de services responsable.

### Architecture pour le cas d'utilisation de la "maintenance prédictive"



A moyen terme : ne changera pas beaucoup mais la disponibilité de la 5G pourrait contribuer à réduire les coûts d'exploitation en remplaçant l'infrastructure informatique en périphérie par une utilisation de cloud distribué.

#### Contrôle qualité numérique

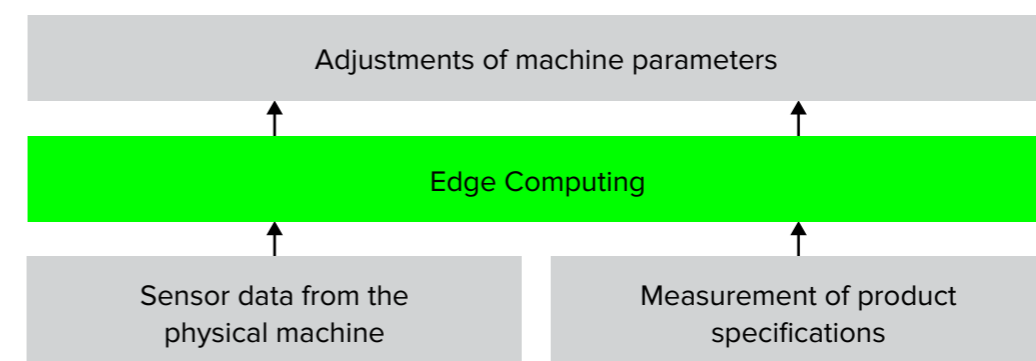
Ce cas couvre l'ajustement automatique des processus de production sur la base des spécifications des échantillons et l'analyse des données recueillies par des capteurs au cours des processus de production et analysées pour réduire le nombre de produits finis défectueux.

Exigences les plus difficiles : les exigences en matière de latence, de connectivité et de sécurité sont élevées car toutes les actions déclenchées ont une influence directe sur la qualité de la production et sur le résultat. Les frais généraux de maintenance et les coûts initiaux doivent être limités car les responsables de la production sont généralement sensibles aux coûts.

Latence	Connectivité	Sécurité et vie privée	Volume de données transmises (coûts de connectivité)	Coûts initiaux	Frais généraux de maintenance
●	●	●	◐	◐	◐

Approche actuellement privilégiée : l'informatique en périphérie pure qui obtient les données des capteurs et des mesures de la machine de production et du produit, les analyse et fournit à la machine les réglages nécessaires pour optimiser la qualité.

### Architecture pour le cas d'utilisation "contrôle qualité numérique"



A moyen terme : cela ne changera pas beaucoup - si la 5G est disponible, l'infrastructure informatique en périphérie sur site pourrait être remplacée par une approche de cloud distribué, mais la plupart des responsables de production préféreront une mise en œuvre informatique en périphérie sur site.

#### Une intra-logistique intelligente

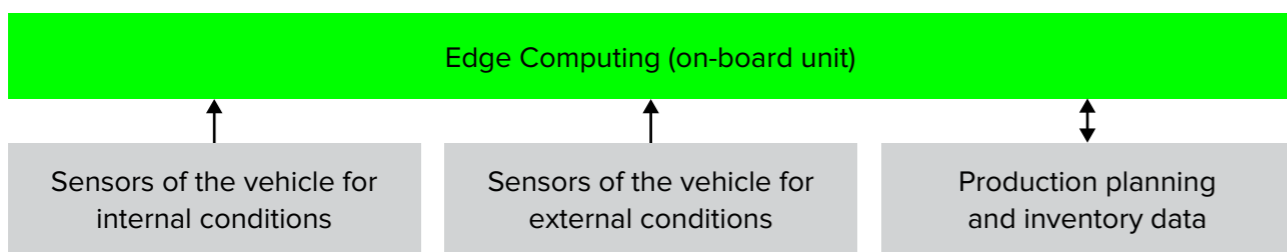
L'intra-logistique est un système extrêmement complexe. Sur base de la planification de la production, de la gestion des entrepôts et des données des listes de pièces, les composants, les produits semi-finis et les produits finis sont transportés vers les machines de traitement suivantes ou vers un entrepôt. Les véhicules autonomes empruntent l'itinéraire optimal sans se mettre en difficulté ni mettre en danger les employés. En conséquence, des données environnementales doivent être traitées ainsi que des informations sur la charge utile et la destination.

Les exigences les plus difficiles à satisfaire : la latence, car les informations en temps réel sur les obstructions peuvent être vitales ; la sécurité, car les informations manipulées peuvent conduire à des décisions fatales ; les exigences de connectivité et les volumes de données peuvent également être élevés.

Latence	Connectivité	Sécurité et vie privée	Volume de données transmises (coûts de connectivité)	Coûts initiaux	Frais généraux de maintenance
●	◐	●	◐	◐	◐

Approche actuellement privilégiée : l'informatique en périphérie pure qui reçoit les données des capteurs du véhicule de transport autonome et des systèmes de production et d'inventaire ou de logistique, les analyse et transporte la charge utile donnée de l'origine à la destination par un itinéraire optimal.

#### Architecture pour le cas d'utilisation "intra-logistique intelligente"



A moyen terme : ne changera pas beaucoup - si la 5G est disponible, l'infrastructure informatique en périphérie sur site pourrait être remplacée par une approche distribuée en nuage. Cependant, la plupart des responsables de la production préféreront une mise en œuvre de l'informatique en périphérie sur site tant que les systèmes de planification de la production et les systèmes d'inventaire ne seront pas migrés vers le nuage public (distribué).

## Gouvernement numérique et villes intelligentes

L'intégration de systèmes numériques basés sur les technologies de l'information peut améliorer l'efficacité opérationnelle et enrichir l'expérience des citoyens et des visiteurs. Ces solutions sont basées sur des réseaux et des plateformes IoT qui collectent, sécurisent et combinent des données provenant d'autres écosystèmes, d'équipements distants et d'appareils mobiles.

Le nuage distribué est l'approche en périphérie préférée dans tous les cas d'utilisation de gouvernement numérique et de villes intelligentes car les frais de maintenance sont limités et la communication avec d'autres plateformes de nuage est obligatoire.

#### Systèmes de sécurité intelligents

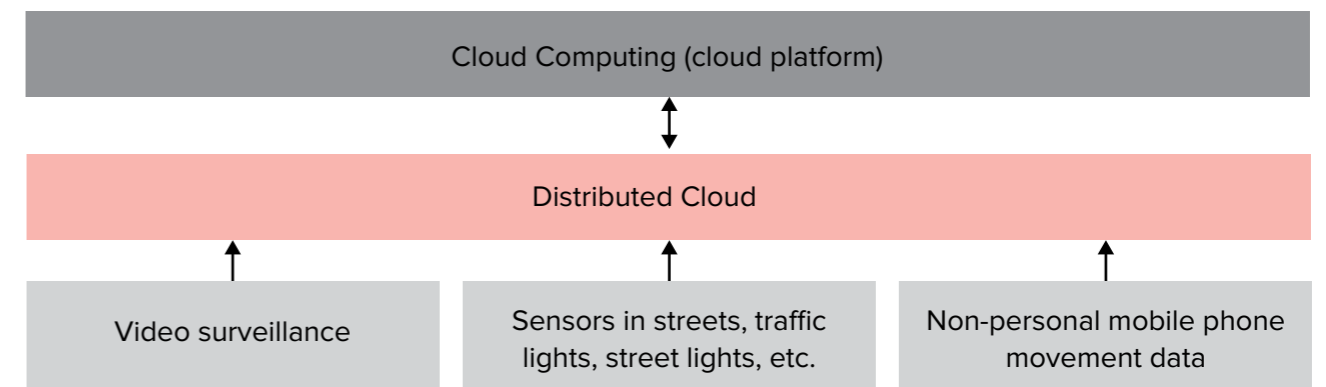
Les systèmes de sécurité intelligents sont basés sur un ensemble diversifié de technologies et de plateformes utilisées pour améliorer la sûreté et la sécurité des zones publiques et privées intérieures/extérieures (telles que les parcs, les gares et les centres commerciaux). Ils comprennent des systèmes destinés à la police, aux pompiers et aux forces militaires et analysent toutes sortes de données, reconnaissant les anomalies et les risques potentiels et déclenchant les actions appropriées.

Exigences les plus difficiles : la latence car les informations en temps réel sur les alertes de fumée ou d'incendie peuvent être vitales ; les exigences de connectivité sont élevées pour les systèmes internes tels que les caméras vidéo et les volumes de données peuvent être importants selon le nombre de capteurs et surtout lorsqu'on intègre des caméras vidéo HD. Les frais généraux de maintenance et les coûts initiaux doivent être limités.

Latence	Connectivité	Sécurité et vie privée	Volume de données transmises (coûts de connectivité)	Coûts initiaux	Frais généraux de maintenance
◐	●	◐	●	◐	◐

Approche actuellement privilégiée : il est préférable d'utiliser le nuage distribué et le nuage public à deux niveaux. Les données des capteurs, de la vidéo et des téléphones portables sont collectées dans un système de nuage distribué et préanalysées. Une analyse approfondie est effectuée dans le nuage public où des données supplémentaires peuvent être utilisées dans un module de Big Data et d'intelligence artificielle.

#### Architecture pour le cas d'utilisation des "systèmes de sécurité intelligents"



L'avenir à moyen terme : ne changera pas beaucoup. La disponibilité de la 5G optimisera la latence et le nombre de capteurs possibles dans une zone.

#### Infrastructure de stationnement intelligent

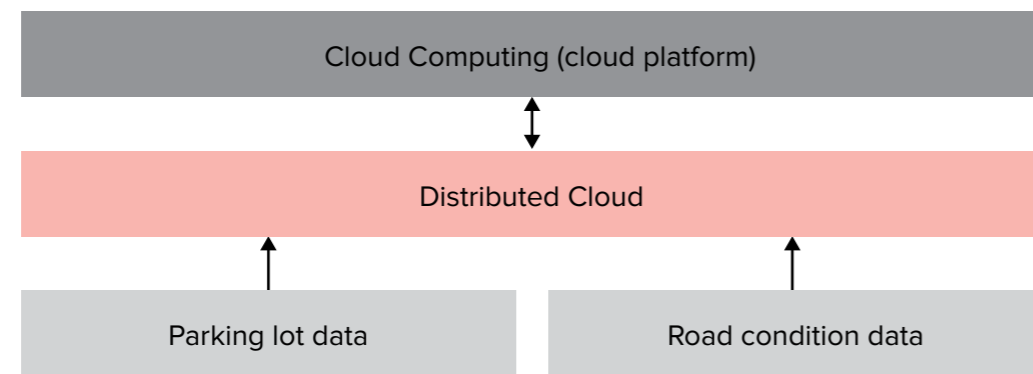
Les concepts de stationnement en rue et hors rue et les composants d'infrastructure (par exemple les capteurs de stationnement) surveillent et scannent les places disponibles et fournissent aux voitures les données de navigation pour atteindre une place de stationnement disponible via un itinéraire optimal. La même infrastructure peut être utilisée pour réserver une place de stationnement à un moment donné dans une zone donnée.

Exigences les plus difficiles à satisfaire : la latence car les informations sur le stationnement seront périmées si leur traitement prend trop de temps ; les exigences de connectivité et les volumes de données peuvent être élevés. Les frais généraux de maintenance et les coûts initiaux doivent être limités.

Latence	Connectivité	Sécurité et vie privée	Volume de données transmises (coûts de connectivité)	Coûts initiaux	Frais généraux de maintenance
◐	●	◐	◐	◐	◐

Approche actuellement privilégiée : utilisation à deux niveaux du nuage distribué et du nuage public. Les données des capteurs de stationnement sont collectées dans un système de nuage distribué et analysées. Une application d'information et de guidage sur le parking dans le nuage public permet aux utilisateurs de rechercher et de réserver une place de parking gratuite, et de recevoir des informations sur le moment où il est le plus facile de se garer.

**Architecture pour le cas d'utilisation d'une "infrastructure de stationnement intelligent"**



L'avenir à moyen terme : ne changera pas beaucoup. La disponibilité de la 5G optimisera la latence et le nombre de capteurs possibles dans une zone.

**Infrastructures urbaines intelligentes**

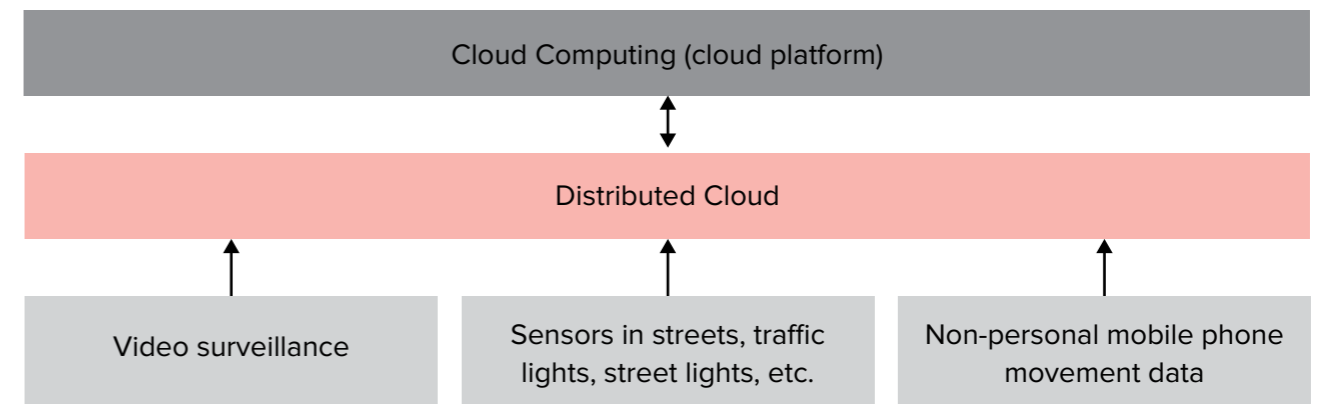
L'éclairage public, les bancs intelligents, les écrans d'information intelligents et les écrans équipés de capteurs connectés permettent de recueillir des données en temps réel pour les systèmes de sécurité intelligents. Ils servent également de canal pour fournir des données aux citoyens sur des sujets tels que la météo, les services municipaux et les transports.

Exigences les plus difficiles : la latence peut être un problème majeur car les informations en temps réel sur les alertes de fumée ou d'incendie peuvent être vitales ; les exigences de connectivité et les volumes de données peuvent être élevés, en particulier lorsqu'on utilise des caméras vidéo HD. Les frais généraux de maintenance et les coûts initiaux doivent être limités.

Latence	Connectivité	Sécurité et vie privée	Volume de données transmises (coûts de connectivité)	Coûts initiaux	Frais généraux de maintenance
●	●	●	●	●	●

Approche actuellement privilégiée : utilisation à deux niveaux du nuage distribué et du nuage public. Les données des capteurs, de la vidéo et des téléphones portables sont collectées dans un système de nuage distribué et préanalysées. Une analyse approfondie est effectuée dans le nuage public où des données supplémentaires peuvent être utilisées dans un module de Big Data et d'intelligence artificielle. Les informations pertinentes sont relayées aux citoyens.

**Architecture pour le cas d'utilisation des "infrastructures urbaines intelligentes"**



L'avenir à moyen terme : ne changera pas beaucoup. La disponibilité de la 5G optimisera la latence et le nombre de capteurs possibles dans une zone.

**Des solutions environnementales intelligentes**

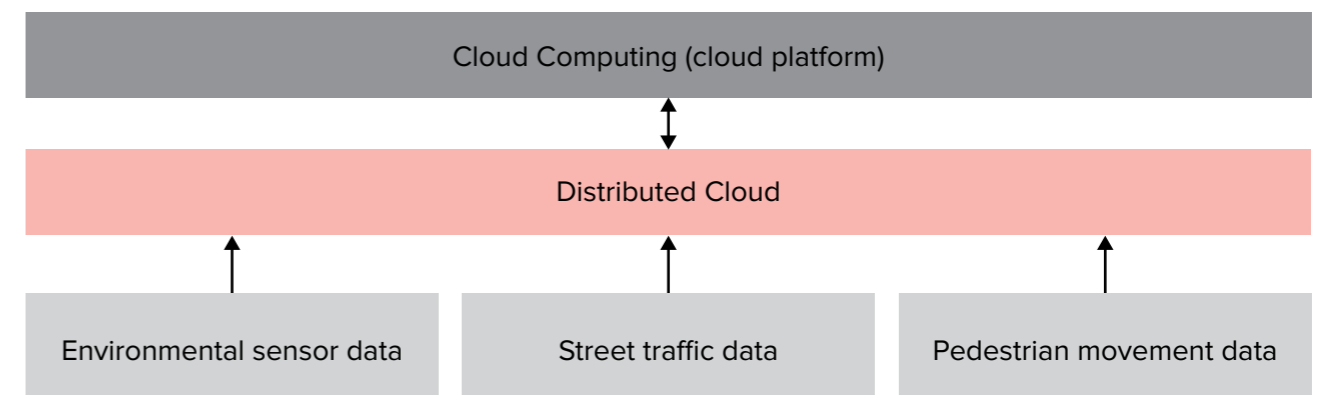
Les solutions basées sur l'IoT se composent de divers types de capteurs et de modules de connectivité qui surveillent les polluants ou les phénomènes environnementaux tels que le bruit, la pollution de l'air, les radiations et la gestion des déchets et déclenchent des actions appropriées, y compris le reroutage du trafic.

L'exigence la plus difficile : la connectivité des différents capteurs et des systèmes nécessaires pour réagir aux résultats d'analyse.

Latence	Connectivité	Sécurité et vie privée	Volume de données transmises (coûts de connectivité)	Coûts initiaux	Frais généraux de maintenance
●	●	●	●	●	●

Approche actuellement privilégiée : utilisation à deux niveaux du nuage distribué et du nuage public. Les données des capteurs sont collectées dans un système de nuage distribué et préanalysées. Une analyse approfondie est effectuée dans le nuage public où des données supplémentaires peuvent être utilisées dans un module de données et d'IA de grande taille. Les informations pertinentes sont transmises aux infrastructures urbaines intelligentes et aux systèmes intelligents de gestion du trafic.

**Cas d'utilisation de l'architecture pour les "solutions environnementales intelligentes"**



L'avenir à moyen terme : ne changera pas beaucoup. La disponibilité de la 5G optimisera la latence et le nombre de capteurs possibles dans une zone.

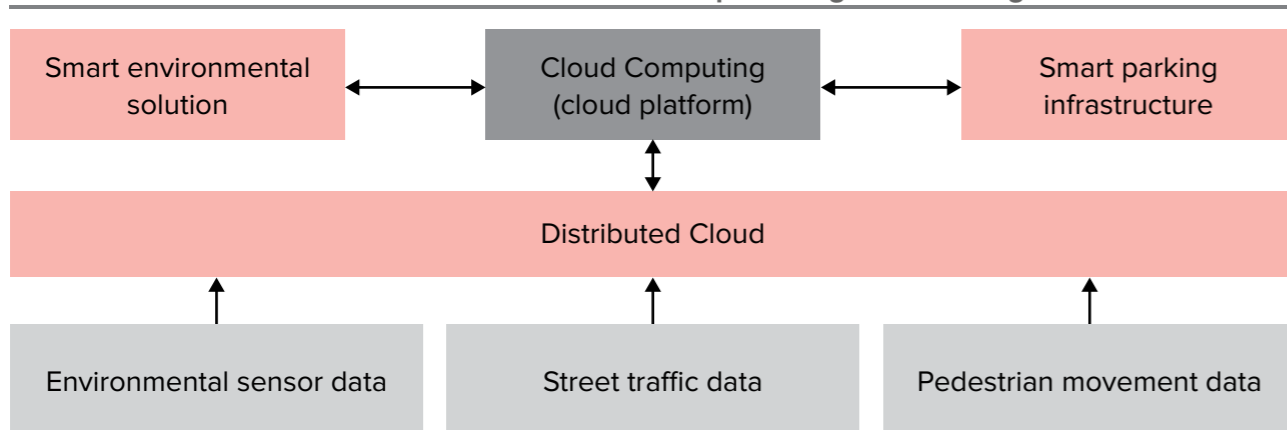
### Gestion intelligente du trafic

Il s'agit de l'infrastructure de trafic connectée qui fournit des informations utiles pour optimiser le flux de trafic. L'infrastructure se compose généralement de capteurs installés dans les rues pour surveiller le flux de circulation, ainsi que de solutions environnementales intelligentes et de solutions de stationnement intelligentes.

Latence	Connectivité	Sécurité et vie privée	Volume de données transmises (coûts de connectivité)	Coûts initiaux	Frais généraux de maintenance

Cela nécessite une combinaison de solutions environnementales intelligentes et de solutions de stationnement intelligentes, c'est pourquoi une approche à deux niveaux utilisant le nuage distribué et le nuage public est préférable. Les données des capteurs sont collectées dans un système de nuage distribué et préanalysées. Une analyse approfondie est effectuée dans le nuage public où des données supplémentaires peuvent être utilisées dans un module de Big Data et d'intelligence artificielle. Les informations pertinentes sont relayées vers des infrastructures urbaines intelligentes et des systèmes intelligents de gestion du trafic afin d'optimiser le flux de trafic.

#### Cas d'utilisation de l'architecture pour la "gestion intelligente du trafic"



L'avenir à moyen terme : ne changera pas beaucoup. La disponibilité de la 5G optimisera la latence et le nombre de capteurs possibles dans une zone.

### Les soins de santé numériques

Les soins de santé numériques sont la convergence de la révolution numérique avec la santé, les soins de santé, la vie et la société. Les technologies liées aux IoT sont utilisées pour améliorer l'accès aux soins de santé, en réduire les coûts, en augmenter la qualité et la sécurité, réduire les inefficacités dans la prestation des soins de santé et rendre les médicaments plus précis en combinaison avec la génomique personnalisée.

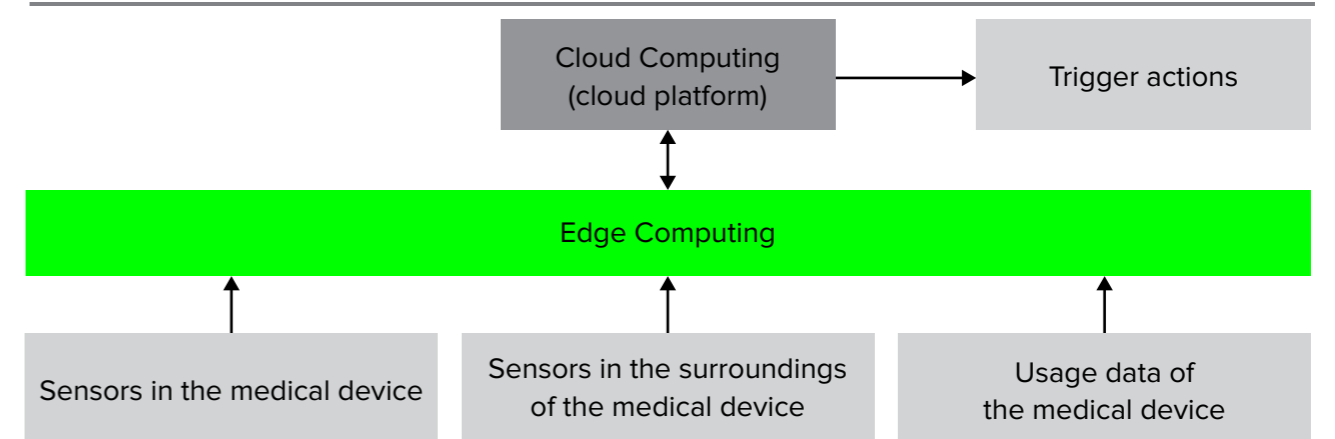
### Gestion du parc de dispositifs médicaux et maintenance préventive

La gestion du parc de dispositifs médicaux est un problème courant dans les hôpitaux et les grands cabinets médicaux car les appareils ont tendance à être égarés. La maintenance prédictive permet de programmer en amont les services de maintenance (sur la base d'analyses) afin de prévenir les défaillances imprévues des équipements grâce à la collecte automatique d'alertes et au déclenchement de tickets d'incident. Pour ce faire, les données des capteurs à l'intérieur et à l'extérieur des dispositifs médicaux doivent être analysées et des actions connexes doivent être déclenchées. Les exigences les plus élevées concernent la connectivité et la sécurité.

Latence	Connectivité	Sécurité et vie privée	Volume de données transmises (coûts de connectivité)	Coûts initiaux	Frais généraux de maintenance

Approche actuellement privilégiée : une approche à deux niveaux utilisant une unité informatique en périphérie et un nuage public. Les données des capteurs sont collectées dans un système informatique en périphérie et préanalysées. Une analyse approfondie est effectuée dans le nuage public où des données supplémentaires peuvent être utilisées dans un module de Big Data et d'IA pour la maintenance prédictive et pour déclencher des demandes de maintenance auprès d'un fournisseur de services.

#### Architettura per lo use case "Fleet management e manutenzione predittiva dei dispositivi medici"



L'avenir à moyen terme : ne changera pas beaucoup. La latence et le volume de données n'étant pas un problème majeur, l'unité informatique en périphérie se réduira à une petite unité de routage, assurant la connectivité avec le nuage public.

### Maison et bâtiments intelligents

Il s'agit de l'utilisation de systèmes techniques et de technologies dans les bâtiments (résidentiels et institutionnels) pour améliorer la qualité de vie/de travail, la sécurité et l'efficacité énergétique. Ils utilisent des dispositifs et des installations connectés et contrôlés à distance ainsi que des processus automatisés tels que le chauffage, la surveillance, les appareils ménagers et les divertissements.

### Automatisation et maintenance prédictive

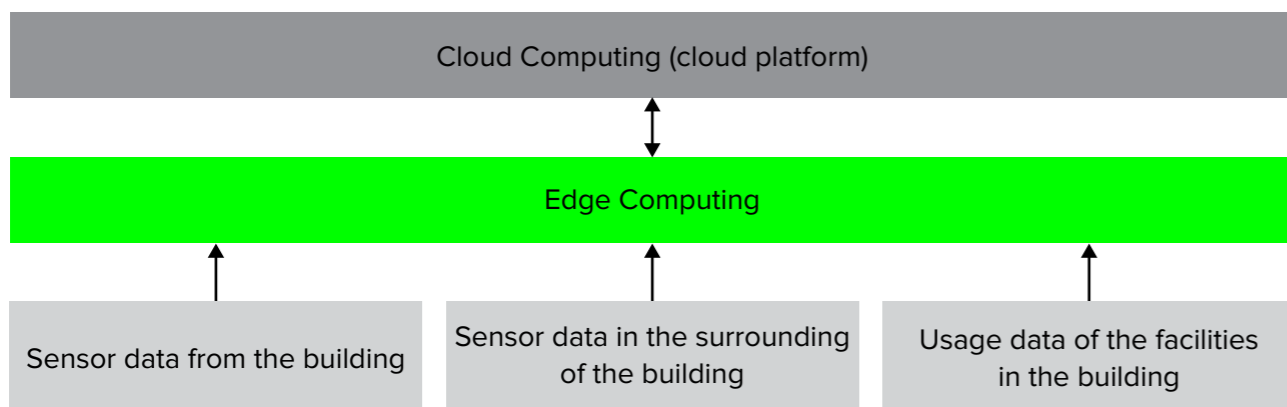
La maintenance prédictive permet de programmer en amont les services de maintenance (sur la base d'analyses) afin de prévenir les défaillances inattendues des équipements grâce à la collecte automatique d'alertes et au déclenchement de tickets d'incident. Cela comprend également l'échange d'informations entre les différents prestataires de services pour le bâtiment.

Les exigences les plus difficiles : les besoins de connectivité et les volumes de données transmises sont élevés. Les frais généraux de maintenance et les coûts initiaux doivent être limités car la plupart des acheteurs n'accepteront pas des coûts supplémentaires élevés.

Latence	Connectivité	Sécurité et vie privée	Volume de données transmises (coûts de connectivité)	Coûts initiaux	Frais généraux de maintenance
○	●	◐	●	◐	◐

Approche actuellement privilégiée : deux niveaux utilisant une unité informatique en périphérie pour collecter les données requises, les analyser et envoyer les demandes de service appropriées ou les données accumulées à une plateforme dans le nuage qui déclenche ensuite la notification au fournisseur de services approprié.

#### Architecture pour le cas d'utilisation "automatisation et maintenance prédictive"



A moyen terme : pas grand-chose ne changera mais la disponibilité de la 5G pourrait contribuer à réduire les coûts d'exploitation en remplaçant l'infrastructure informatique en périphérie sur site par une approche distribuée dans le nuage.

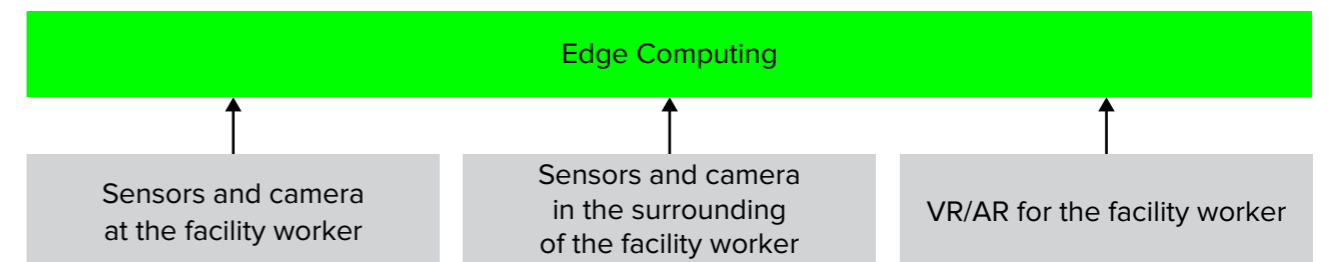
### Gestion des installations

La réalité augmentée devient une technologie importante dans la gestion des installations car même des travailleurs non formés, équipés de smartphones, de tablettes ou de casques AR, peuvent virtuellement zoomer sur les systèmes à des fins de maintenance et de réparation.

Latence	Connectivité	Sécurité et vie privée	Volume de données transmises (coûts de connectivité)	Coûts initiaux	Frais généraux de maintenance
●	◐	●	◐	◐	◐

Les exigences les plus difficiles : la latence, car les informations vidéo en temps réel sur les prochaines étapes du processus de maintenance d'une installation telle qu'un ascenseur peuvent être vitales ; la connectivité si le bâtiment se trouve dans une zone plus rurale ; et la sécurité, car des informations incorrectes peuvent entraîner des actions erronées de la part du travailleur. Les frais généraux de maintenance doivent être limités pour l'infrastructure sur site, pour le dispositif du travailleur ainsi qu'au niveau des coûts initiaux.

#### Architecture pour le cas d'utilisation "gestion des installations"



Approche actuellement privilégiée : l'informatique en périphérie pure qui reçoit des données de capteurs et de vidéos du travailleur et éventuellement de son environnement, les analyse et fournit au travailleur des informations pertinentes.

A moyen terme : pas grand-chose ne changera mais la disponibilité de la 5G, même en interne, pourrait réduire les coûts d'exploitation en remplaçant l'infrastructure informatique en périphérie sur site par une approche distribuée dans le nuage.

### Sécurité et contrôle

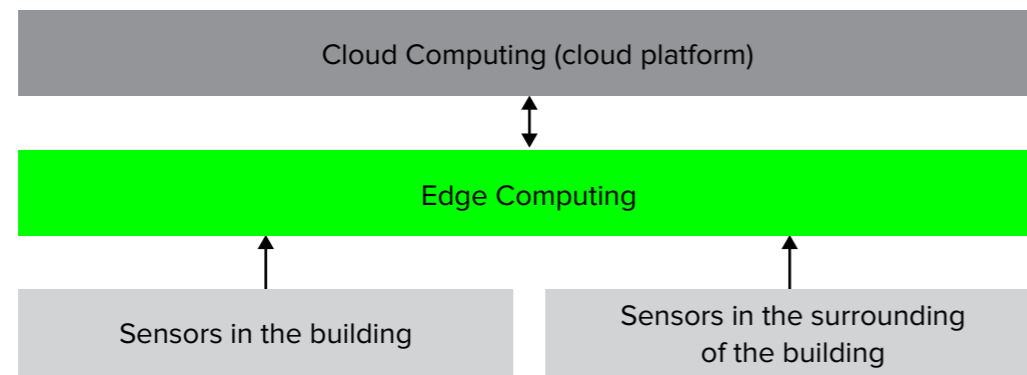
Les caméras de sécurité sont utilisées depuis de nombreuses années pour surveiller l'activité dans les bâtiments. Grâce à la technologie IoT, comme le logiciel de reconnaissance des formes, un système intelligent peut automatiquement détecter des formes anormales dans les données vidéo et alerter immédiatement les autorités d'une éventuelle intrusion.

Exigences les plus difficiles : la sécurité et surtout la protection de la vie privée, faute de quoi les systèmes de sécurité et de contrôle peuvent être utilisés à des fins d'intrusion et d'espionnage.

Latence	Connectivité	Sécurité et vie privée	Volume de données transmises (coûts de connectivité)	Coûts initiaux	Frais généraux de maintenance
◐	◐	●	●	◐	◐

Approche actuellement privilégiée : deux niveaux utilisant une unité informatique en périphérie et une couche de nuages publics. Dans la couche d'informatique en périphérie, les données des capteurs sont préanalysées et les données sont agrégées. Une analyse approfondie, telle que la reconnaissance des formes, est effectuée dans le nuage public.

### Architecture pour le cas d'utilisation "sécurité et contrôle"



A moyen terme : cela ne changera pas beaucoup, mais avec une plus grande acceptation des solutions de cloud computing en périphérie de réseau, l'unité informatique en périphérie pourrait être remplacée par une solution de cloud de périphérie.

#### Gestion intelligente de l'énergie

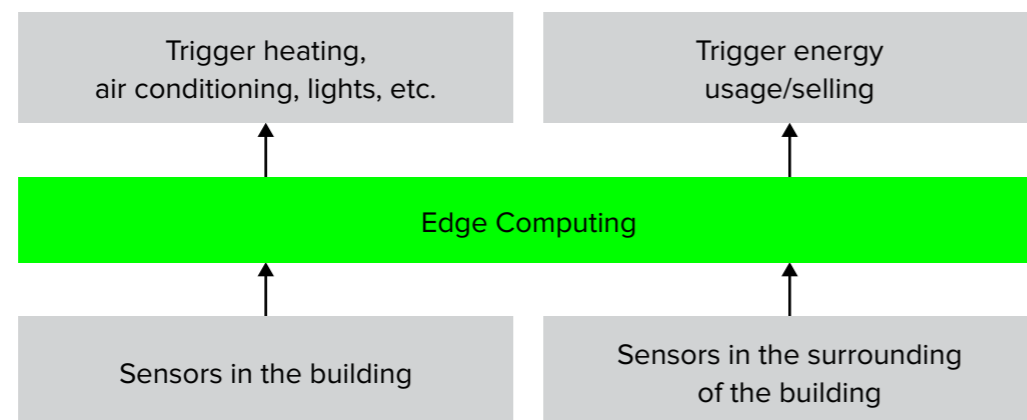
L'idée qui sous-tend la gestion intelligente de l'énergie est que les thermostats et les interrupteurs multiples permettent de connaître le comportement de l'utilisateur et d'optimiser la consommation d'énergie grâce au contrôle à distance.

Exigences les plus difficiles : la sécurité et surtout le respect de la vie privée, sinon le système de gestion de l'énergie peut être utilisé à des fins d'intrusion et d'espionnage.

Latence	Connectivité	Sécurité et vie privée	Volume de données transmises (coûts de connectivité)	Coûts initiaux	Frais généraux de maintenance

C'est pourquoi une approche pure d'informatique en périphérie est préférable, maintenant et à moyen terme.

### Architecture pour le cas d'utilisation "gestion intelligente de l'énergie"



## Le Commerce de détail intelligent et produits de grande consommation

Cela couvre l'intégration des dispositifs numériques, des modules de connectivité, du matériel et des logiciels dans les produits, les magasins et les entrepôts. Cela peut améliorer l'expérience, la fidélité et la rétention des clients, ainsi que les opérations en magasin et la gestion des entrepôts.

#### Libre-service pour les clients

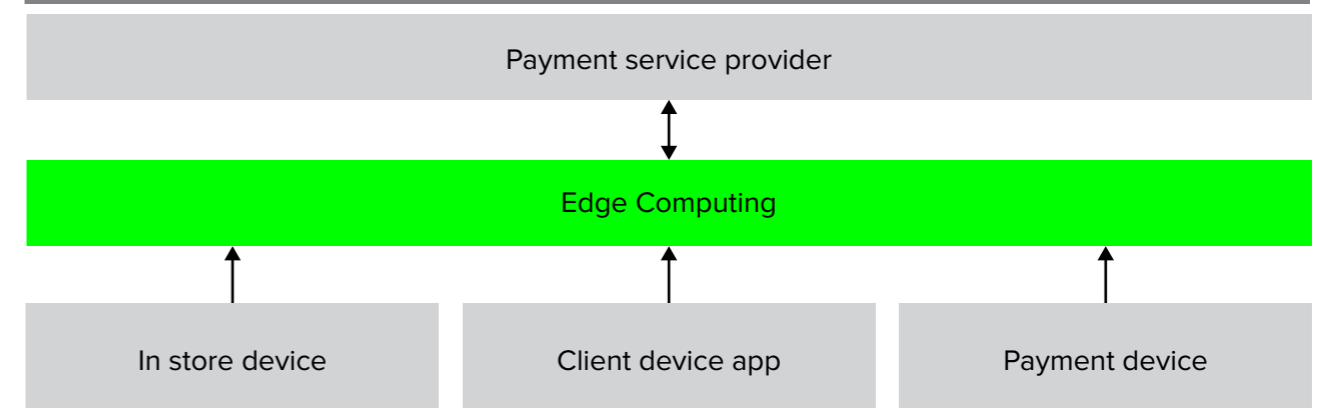
Les appareils et applications numériques en magasin aident les clients à localiser des produits spécifiques, fournissent des informations instantanées sur les articles et proposent un paiement en libre-service.

Exigences les plus difficiles : la sécurité, pour fournir des informations précises sur les produits et les lieux et assurer un paiement sûr ; la connectivité peut également poser problème.

Latence	Connectivité	Sécurité et vie privée	Volume de données transmises (coûts de connectivité)	Coûts initiaux	Frais généraux de maintenance

Approche actuellement privilégiée : l'informatique en périphérie pure.

### Architecture pour le cas d'utilisation du "libre-service client"



A moyen terme : ne changera pas beaucoup au fil du temps, bien que les détaillants ayant un état d'esprit plus grand public en matière de cloud pourraient remplacer les unités informatiques en périphérie par une unité de nuage en périphérie, ce qui réduirait les frais de maintenance.

#### Suivi et traçage intelligents

Il s'agit de l'utilisation de capteurs environnementaux et de modules de connectivité (tels que la RFID, le Wi-Fi, les balises et le Bluetooth) pour détecter les mouvements, la température et le bruit ou pour créer des cartes thermiques, ce qui permet aux organisations d'analyser et d'optimiser le fonctionnement des magasins.

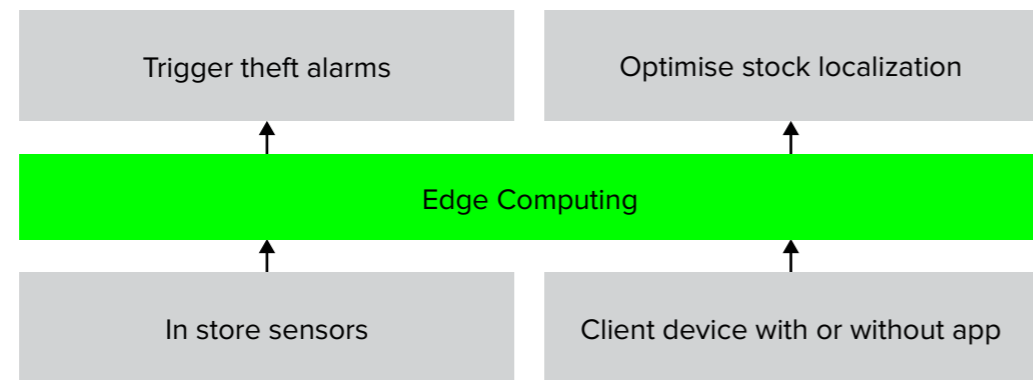
Exigences les plus difficiles : la sécurité, pour garantir une collecte correcte des données et empêcher le vol de données personnelles ; la connectivité peut également poser problème.



Latence	Connectivité	Sécurité et vie privée	Volume de données transmises (coûts de connectivité)	Coûts initiaux	Frais généraux de maintenance

Approche actuellement privilégiée : l'informatique en périphérie pure.

### Architecture pour le cas d'utilisation "suivi et traçage intelligents"



A moyen terme : cela ne changera pas beaucoup au fil du temps bien que les détaillants ayant un état d'esprit plus grand public en matière de cloud pourraient remplacer les unités informatiques en périphérie par une unité de nuage en périphérie, ce qui réduirait les frais de maintenance.

## Transport intelligent

Le transport intelligent comprend des applications qui permettent à plusieurs utilisateurs d'être mieux informés et d'utiliser les réseaux de transport de manière plus sûre, mieux coordonnée et plus «intelligente».

### Infrastructures intelligentes et systèmes de transport intelligents

Les solutions dans cet espace reposent sur des actifs connectés tels que des caméras vidéo, des points de collecte de péage, des capteurs de stationnement, des écrans et des panneaux de signalisation. Elles se combinent avec des plateformes basées sur le cloud qui intègrent les données collectées à partir des actifs et fournissent des informations exploitables pour optimiser le flux de circulation et de personnes, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur.

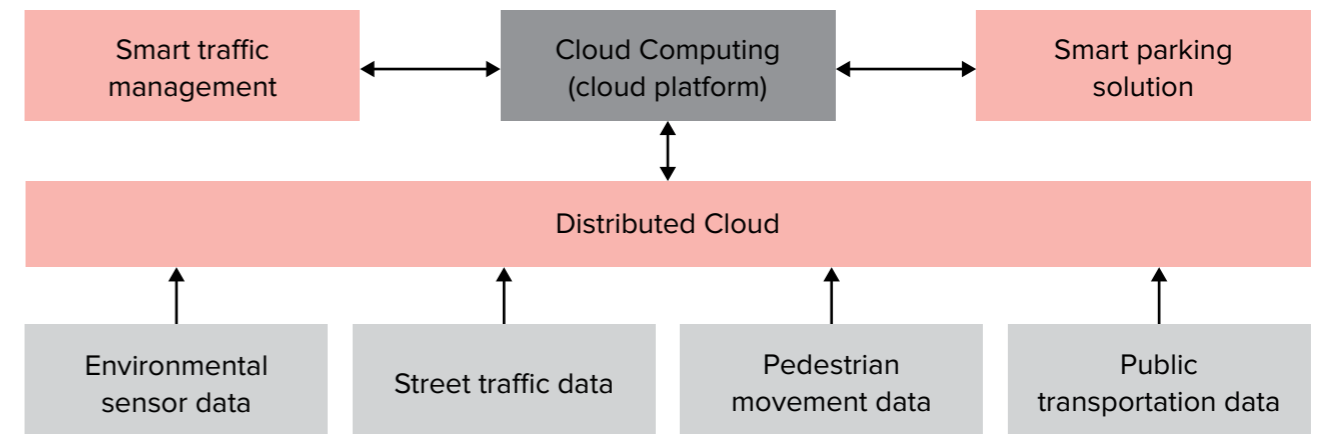
Par conséquent, les exigences sont une combinaison de solutions intelligentes de gestion du trafic et de stationnement.

Latence	Connectivité	Sécurité et vie privée	Volume de données transmises (coûts de connectivité)	Coûts initiaux	Frais généraux de maintenance

Approche actuellement privilégiée : utilisation à deux niveaux du nuage distribué et du nuage public. Les données des capteurs sont collectées dans un système de nuage distribué et préanalysées. Une analyse approfondie est effectuée dans le nuage public où des données supplémentaires peuvent être utilisées

dans un module de Big Data et d'IA. Les informations pertinentes sont relayées à l'infrastructure de stationnement intelligente et aux systèmes de gestion intelligente du trafic pour optimiser le flux de circulation.

### Architecture pour le cas d'utilisation "infrastructures intelligentes et systèmes de transport intelligents"



A moyen terme : ne changera pas de manière significative bien que la disponibilité de la 5G permette d'optimiser la latence et d'augmenter le nombre de capteurs possibles dans une zone.

### Livraisons intelligentes et transport de marchandises

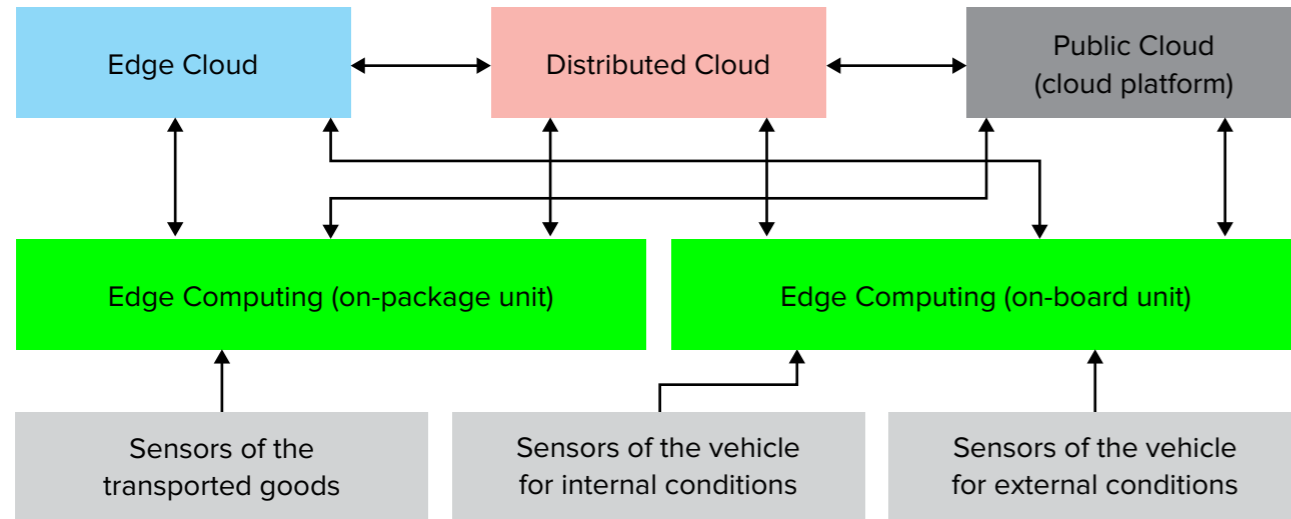
Outre la fourniture de données sur les véhicules, les solutions basées sur l'IoT peuvent être utilisées pour surveiller l'état des biens et marchandises transportés. En outre, de nouvelles méthodes de livraison par drones ou robots peuvent être introduites et contrôlées.

Les exigences pour ce cas d'utilisation sont relativement élevées. D'une part, la surveillance de la localisation (GPS) et de l'état (température, pression/altitude) nécessite un certain stockage car la connectivité dans un avion ou sur un porte-conteneurs est pratiquement inexistante. D'autre part, la livraison intelligente par des drones, des robots ou des véhicules autonomes nécessite de la connectivité et a des besoins en temps réel en matière de latence.

Latence	Connectivité	Sécurité et vie privée	Volume de données transmises (coûts de connectivité)	Coûts initiaux	Frais généraux de maintenance

Une approche à quatre niveaux est donc préférable, à la fois maintenant et à moyen terme. Une unité d'informatique en périphérie pour surveiller les conditions de transport des marchandises transportées ; une unité d'informatique en périphérie qui recueille les données des capteurs embarqués et interprète les informations des trois autres niveaux. Cela nécessite un nuage distribué pour les informations provenant de l'extérieur du véhicule et dont la vitesse d'analyse est critique, tandis que les unités de nuage en périphérie le long des routes principales seront utilisées pour mieux répondre aux besoins en temps réel, et une plateforme de nuage peut être utilisée pour les données moins critiques en termes de temps.

### Architecture pour le cas d'utilisation "livraison intelligente et transport de marchandises"



### Autres cas d'utilisation intéressants

Bien que ce recueil de cas d'utilisation ne tente pas de répertorier toutes les applications possibles de l'informatique en périphérie dans tous les secteurs, nous mentionnerons deux cas d'utilisation plus pertinents qui nécessitent un type d'informatique en périphérie.

#### Énergie intelligente

Nous faisons ici référence à l'utilisation des technologies et des analyses de l'IoT (y compris l'intelligence artificielle) pour développer ou optimiser des systèmes de gestion de l'énergie de bout en bout ainsi que pour permettre de nouveaux modèles commerciaux de consommation d'énergie.

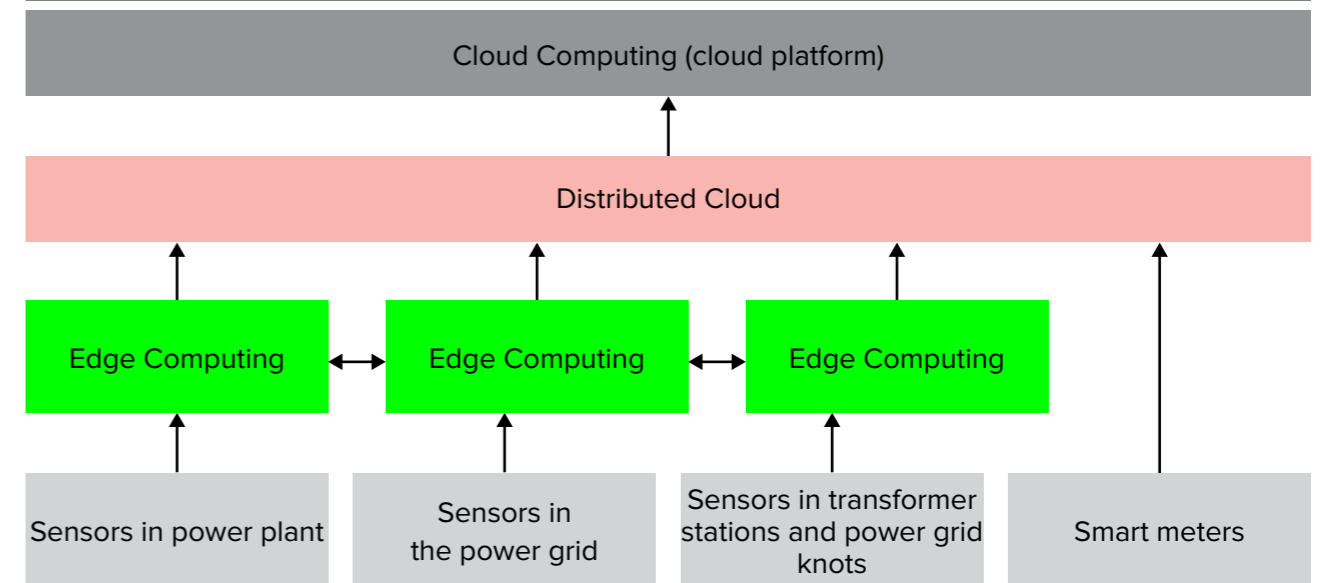
Les exigences les plus difficiles à satisfaire : la latence, car les pannes potentielles doivent être évitées de toute urgence ; la connectivité et la sécurité, car les données d'utilisation des clients doivent être protégées et de nouveaux modèles commerciaux dont la tarification dépend des prix actuels de l'électricité sont à l'horizon. Les volumes de données transmises peuvent être élevés, mais ils sont principalement transmis sur le réseau électrique lui-même de sorte qu'aucun coût externe ne s'applique.

Latence	Connectivité	Sécurité et vie privée	Volume de données transmises (coûts de connectivité)	Coûts initiaux	Frais généraux de maintenance
●	●	●	○	◐	◐

Il est donc préférable d'adopter une approche relativement complexe à trois niveaux. Celle-ci consiste en des unités de calcul en périphérie dans chaque centrale électrique, chaque poste de transformation et chaque nœud du réseau électrique. Les données sont analysées localement et des actions sont déclenchées le cas échéant. Les informations sont partagées avec d'autres unités de calcul en périphérie et des instances de nuages distribués avec lesquelles les données des compteurs intelligents sont également analysées. Les données agrégées sont propagées vers

un nuage public et les utilisateurs peuvent consulter des informations sur leurs contrats d'électricité.

### Architecture pour le cas d'utilisation de "énergie intelligente"



A moyen terme : cela ne changera pas beaucoup bien que la disponibilité de la 5G permette d'optimiser la latence et d'augmenter le nombre de capteurs possibles dans une zone afin de remplacer les unités d'informatique en périphérie locales par des nuages distribués. Mais comme l'alimentation électrique appartient aux fournisseurs des infrastructures critiques, la plupart d'entre eux refuseraient de s'appuyer sur des systèmes contrôlant leur infrastructure d'approvisionnement qui seraient en dehors de leur sphère d'influence.

#### Exploitation et exploration minières numériques

Il s'agit de l'utilisation des technologies et des analyses de l'IoT (y compris l'intelligence artificielle) pour développer ou optimiser l'exploration pétrolière et minière. Cela peut contribuer à améliorer l'efficacité opérationnelle, à développer une planification plus précise et plus agile de l'exploration/du transport («du puits au port») et à permettre une collaboration plus efficace avec les partenaires commerciaux tout au long de la chaîne de valeur.

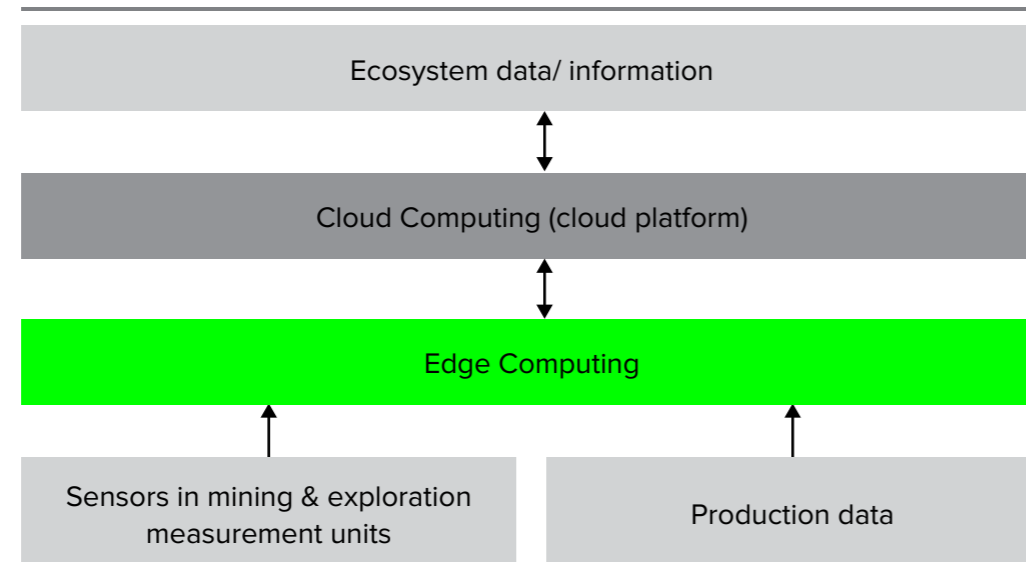
Exigences les plus difficiles : la connectivité, les volumes de données transmises et les coûts connexes. Comme les champs de pétrole et la plupart des mines se trouvent dans des zones rurales, les connexions à haut débit sont soit impossibles, soit nécessitent des solutions extrêmement coûteuses telles que les liaisons par satellite.

Latence	Connectivité	Sécurité et vie privée	Volume de données transmises (coûts de connectivité)	Coûts initiaux	Frais généraux de maintenance
◐	●	◐	●	◐	◐

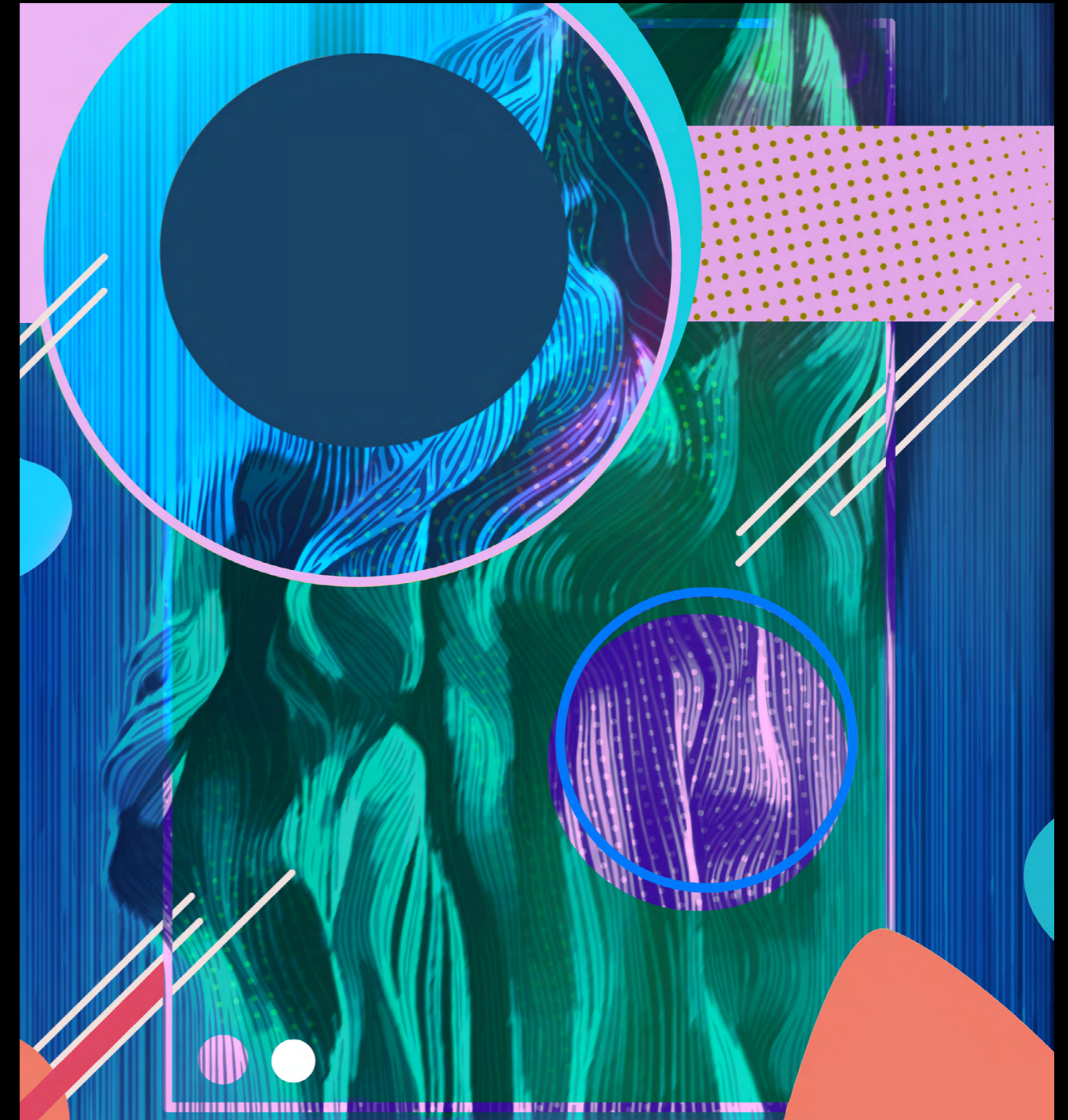
Il faut donc procéder à un traitement et à une agrégation des données au niveau local. Comme l'écosystème doit être inclus dans le flux de données, certaines informations doivent être poussées vers une plateforme de nuage public pour une distribution plus poussée, ce qui donne lieu à une approche à deux niveaux.



Architecture pour le cas d'utilisation  
"exploitation et exploration minières numériques"



A moyen terme : en fonction des coûts et de la qualité de la connexion WAN d'un champ pétrolier ou d'une mine, l'infrastructure informatique en périphérie pourrait être remplacée par une infrastructure en nuage en périphérie afin de réduire les frais de maintenance.



## Applications et solutions spécifiques à l'industrie

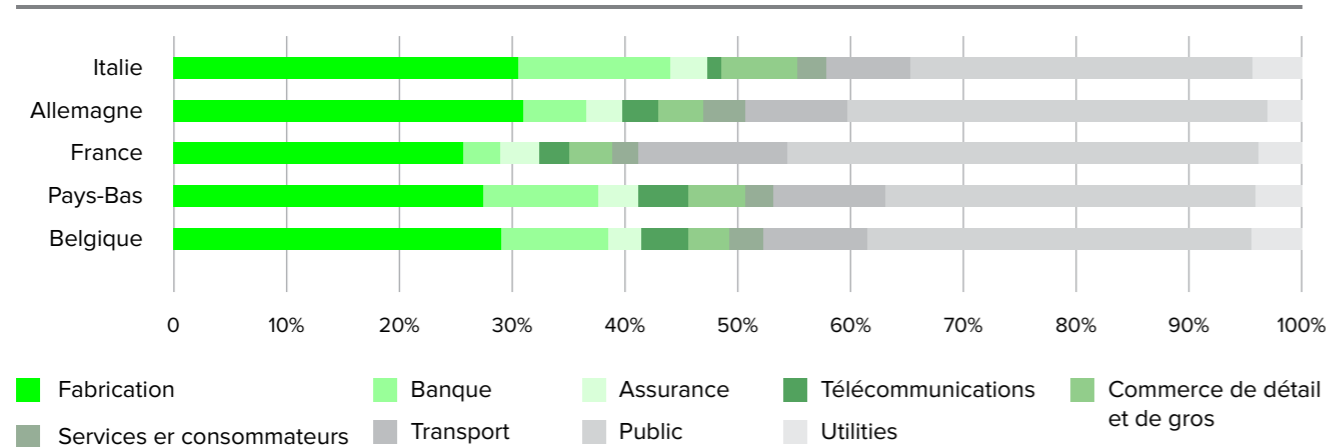
“ Il est clair que l'avenir du travail a changé, ce qui signifie que les entreprises doivent mettre en œuvre une informatique en périphérie moderne. Avec le temps, les responsables informatiques apprendront à adapter leurs stratégies pour obtenir des résultats optimaux dans un environnement où l'informatique en périphérie est la plus efficace et, à ce titre, les premiers adoptants récolteront le plus de succès. ”

Justin Day, Why Covid-19 has accelerated the need for Edge Computing [Day, 2020]

## L'industrie manufacturière est en tête des marchés du cloud computing et de l'informatique en périphérie

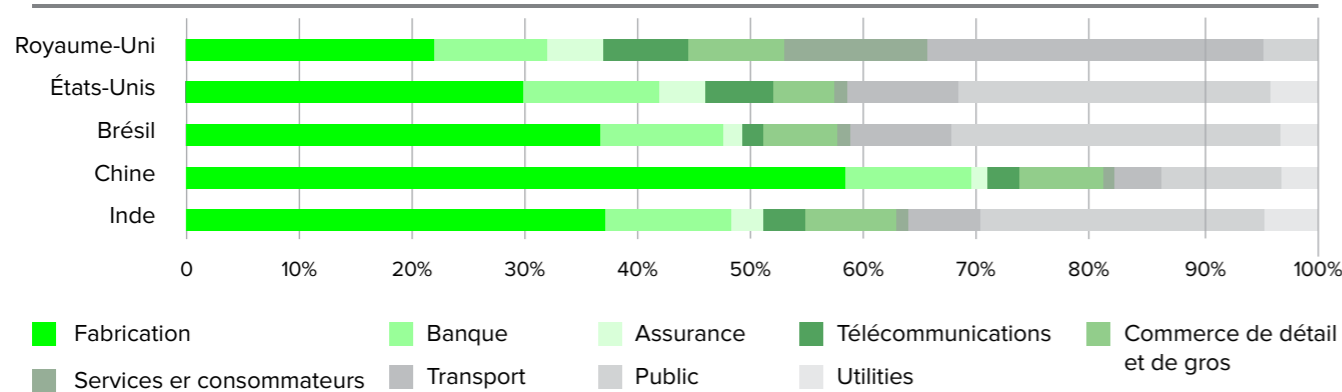
Parmi les tendances en plein essor, on a beaucoup entendu parler du Cloud pour l'éducation et les soins de santé au cours des 12 derniers mois, avec le nuage dans l'industrie et la vente au détail aussi parmi les tendances gagnant des volumes importants partout dans le monde.

Source: Teknowlogy Group (2019) **Europe-5** Marché des logiciels en tant que service, % par industrie



Si l'on regarde le marché européen, il est évident que les principaux segments sont les services et les consommateurs, ainsi que les applications pour l'industrie manufacturière. La somme de ces segments de marché est supérieure à 60% dans tous les pays analysés.

Source: Teknowlogy Group (2019) **Big-5** Mercato SaaS (% per industry)



Le cloud pour le secteur de la fabrication est le principal marché au Brésil, en Inde et en Chine. Dans ce dernier pays, on estime qu'il représente jusqu'à 58 % du marché total du SaaS et on prévoit jusqu'à 2,5 milliards d'euros d'ici la fin 2021.

[Lire l'article complet](#)

GKN a introduit une passerelle en périphérie pour consolider sa solution de fabrication d'additifs. Le projet, soutenu par Concept Reply, visait à industrialiser et à numériser la fabrication additive sur base des processus de fabrication en série automobile (IDAM). Le projet - parrainé par le Ministère Fédéral Allemand de

l'Éducation et de la Recherche - vise à transférer la technologie de la fabrication d'additifs avec des métaux dans un processus industrialisé et hautement automatisé comme celui de l'industrie automobile.

Industrie Reply aide les entreprises à déployer des innovations technologiques en utilisant l'Internet industriel des objets et l'informatique en périphérie. En offrant une nouvelle façon d'identifier les cas d'utilisation et d'échelonner les solutions de l'IoT, les clients sont en mesure de rester en avance sur le cycle de l'innovation technologique, ce qui génère une valeur ajoutée substantielle pour leur entreprise et les aide à acquérir un avantage concurrentiel.

[Lire l'article complet](#)

Brick Reply, spécialisé dans les solutions avancées pour la gestion des opérations de fabrication, a lancé une nouvelle application basée sur sa suite propriétaire basée sur le cloud. Utilisant des technologies de simulation et d'intelligence artificielle, Shop-floor Digital Twin permet au personnel de l'usine de prendre des mesures proactives pour corriger les situations anormales avant qu'elles n'entraînent des problèmes ou des arrêts de production.

[Lire l'article complet](#)

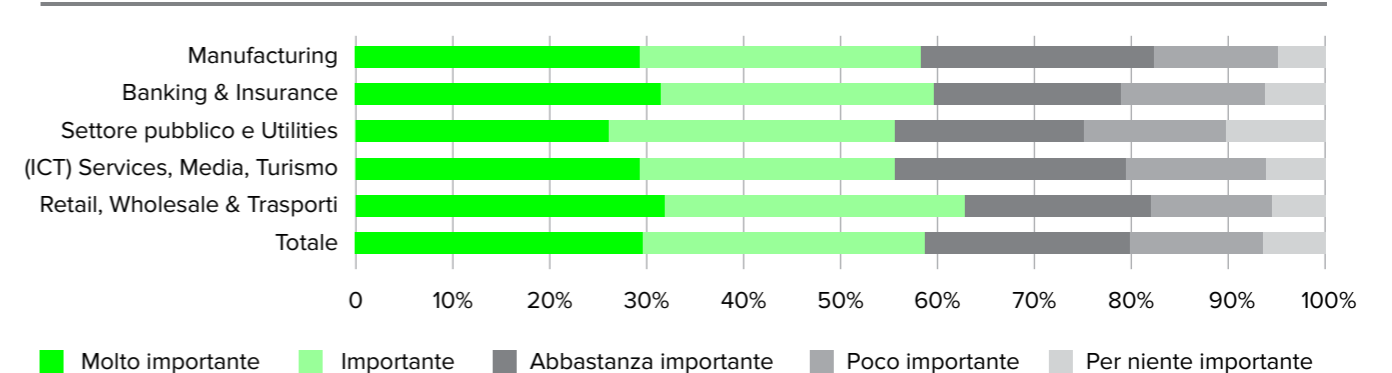
Les technologies IoT permettent aux entreprises manufacturières de surveiller et d'analyser les équipements. Cependant, les différents systèmes utilisent des «langages» différents, ce qui rend les données difficiles à traiter. La solution unique proposée par Cluster Reply face à ce défi, Factor Control Tower, utilise un modèle de fonctionnement qui ne dépend pas de la marque. Elle permet aux entreprises de surveiller et de gérer leurs équipements à distance et d'utiliser les données générées pour prendre des décisions éclairées en matière de production et d'efficacité.

[Lire l'article complet](#)

## La logistique et les services publics commencent à apprécier la valeur du cloud computing et de l'informatique en périphérie

“Quanto ritiene importanti IaaS/PaaS/SaaS nella Sua agenda IT?”

Source: Teknowlogy Group (2019)



Les responsables TIC des secteurs de la vente au détail, du commerce de gros et des transports semblent être les plus intéressés par le travail sur les technologies en nuage. Bien que le secteur public et les services publics soient les moins enthousiastes, 35 % des responsables de ces secteurs pensaient qu'ils allaient



augmenter leurs dépenses en matière de cloud computing au cours des deux prochaines années, avant même que le coronavirus ne catapulte le cloud computing en tête des priorités des DSI du monde entier.

“ Nos robots devaient non seulement traiter les données en temps réel, mais aussi les communiquer à la même vitesse. Nous avons donc besoin d’un système performant et fiable, capable de gérer des processus en parallèle avec l’échange simultané d’informations avec plusieurs systèmes. ”

Alessandro Subert, Responsable des Applications, Nexive

Le commerce électronique continue à se développer à un rythme rapide et le secteur de la livraison doit suivre le rythme : des livraisons de plus en plus rapides, capables d’atteindre les clients où qu’ils soient et offrant une plus grande traçabilité et fiabilité. Ces dernières années, les acteurs du secteur ont dû revoir leur offre de produits et de services en s’adaptant à un système dynamique et en constante évolution.

Nexive avait déjà choisi la plateforme Lea Reply qui, grâce à l’application mobile et Web «Hub & Network», permet de suivre toute la chaîne logistique, de l’enlèvement du colis à sa livraison finale. L’introduction de la l’informatique en périphérie a permis de gérer et de contrôler à distance les robots de tri qui peuvent aujourd’hui se déplacer dans l’entrepôt pour collecter des informations utiles (comme le poids ou les dimensions des colis) et organiser les colis dans les bons conteneurs ou aux portes d’expédition appropriées.

[Lire l'article complet](#)

Toutes les «limitations» typiques d’une solution de cloud computing ont été surmontées grâce à la mise en œuvre de la composante «edge». D’une part, la latence a été réduite au minimum et, d’autre part, la possibilité de maintenir la continuité même en l’absence de connexion a augmenté avec le traitement des données «hors ligne», permettant des opérations locales sûres et résilientes.

[Lire l'article complet](#)

L’IoT et l’informatique en périphérie sont essentiels pour permettre aux services publics de gérer les systèmes complexes et hétérogènes qui produisent, distribuent et stockent notre énergie. Sense Reply aide les services publics à révolutionner leurs modèles commerciaux et à créer de nouvelles capacités commerciales en mettant en œuvre des composants en périphérie, l’IoT et des plateformes de Big Data.

[Lire l'article complet](#)

Avec 30 centrales photovoltaïques différentes à gérer, situées dans huit régions italiennes différentes, l’un des principaux groupes européens du secteur des énergies renouvelables a décidé de mettre en œuvre une solution basée sur l’IoT et l’informatique en périphérie. En collaboration avec Concept Reply, le groupe a développé un système intelligent qui fournit des informations détaillées sur la

production et la fiabilité, ce qui lui permet d’optimiser le service des centrales et d’éviter d’éventuelles perturbations.

## L’industrie des télécommunications connaît une transformation radicale

Les systèmes monolithiques font place à des systèmes désagrégés, suivant la logique de séparation entre le matériel et les logiciels : un élément clé aujourd’hui pour rendre le contrôle, la gestion et l’exploitation des réseaux plus évolutifs, plus flexibles et plus durables sur le plan économique. En effet, la combinaison de micro-services innovants avec une culture organisationnelle “agile” promet de réduire le temps de mise sur le marché et de permettre une offre plus immédiate de nouveaux services. Dans ce contexte, les technologies de virtualisation des réseaux facilitent le développement de solutions “hyper-évolutives” et une plus grande optimisation des processus.

L’open source et l’informatique en périphérie sont la base de la nouvelle infrastructure de réseau virtualisée de Deutsche Telekom développée en partenariat avec Reply et des experts du domaine triés sur le volet. Les mises à jour des logiciels et de l’infrastructure sont plus rapides que la technologie de réseau traditionnelle basée sur un châssis. L’adoption des “CO-PoD” (Central Office Point of Delivery) - des modules composés de matériel, de logiciels libres et de connectivité réseau - permet aux opérateurs de fournir et d’héberger des services de voix et de données de manière rapide et fiable. Les CO-PoD peuvent être situés dans les bureaux centraux existants des opérateurs de télécommunications ou à proximité des clients, pour utiliser des modèles de service d’informatique en périphérie, d’informatique mobile en périphérie et de cloud en périphérie.

[Lire l'article complet](#)

“ La connectivité entre les bureaux des entreprises, les centres de données et le cloud est essentielle pour faciliter la création et l’exécution sécurisées et fiables des applications d’entreprise. ”

Ferruccio Antonelli, Sparkle’s Head of Backbone Solutions Marketing

Sparkle s’est engagé dans une voie d’évolution de son infrastructure. Cette voie se concentre sur l’intégration des fonctionnalités du cloud, puis des services de périphérie, dans les points de présence du réseau, rapprochant ainsi la capacité de calcul et de stockage des bureaux des clients. Cela permet de réduire la latence d’accès à ces ressources et d’atténuer les problèmes de fiabilité et de sécurité associés aux longs trajets de transmission. Net Reply a conçu un modèle d’orchestration de haut niveau, en introduisant un “orchestrateur de services”

[Lire l'article complet](#)



dans la conception architecturale. Cela favorise la proximité territoriale lorsque cela est possible, pour assurer la conformité des données avec la réglementation applicable, ou le maintien du service à proximité de l'utilisateur pour réduire la latence et permettre de nouveaux scénarios et services.

## Le point de vue de Reply sur la cybersécurité

[Plus d'informations sur la Méthode de Sécurité de Reply](#)

Le cloud computing est un modèle de technologie partagée dans lequel différentes organisations sont responsables de la mise en œuvre et de la gestion de différentes parties du système. Par conséquent, une bonne répartition des responsabilités en matière de sécurité est essentielle pour protéger les systèmes, les données et l'infrastructure basés sur le cloud.

La manière dont la sécurité dans le nuage est assurée dépendra de l'intégration entre les capacités de sécurité mises à disposition par le fournisseur de services dans le nuage et celles qui peuvent être mises en place par le consommateur. En outre, quels que soient les détails de la mise en œuvre technique, la sécurité du nuage sera une responsabilité commune entre le consommateur de services et le fournisseur de solutions.

Spike Reply, la société du Groupe Reply spécialisée dans les services de conseil et les solutions intégrées pour la sécurité des entreprises et la gestion des fraudes, a développé une méthodologie pour effectuer des évaluations de sécurité sur les configurations des environnements basés sur le cloud afin d'identifier les exigences de sécurité applicables, de découvrir les lacunes éventuelles et de fournir des informations sur les tâches de remédiation correspondantes.

Toutefois, Spike Reply est également conscient que l'informatique dématérialisée traditionnelle peut difficilement satisfaire les besoins de l'IoT et des services mobiles pour des raisons telles que la méconnaissance de l'emplacement, le manque de bande passante, l'imposition de coûts d'exploitation, l'absence de services en temps réel et de garantie de confidentialité des données.

Ces limites du cloud computing ouvrent la voie à l'avènement de l'informatique en périphérie, une technologie qui devrait pouvoir répondre aux exigences de l'IoT et des appareils mobiles en constante évolution. La collecte et la transmission de données à partir d'un nombre croissant d'appareils connectés nécessitent toutefois une meilleure approche du traitement et de l'analyse, ainsi que de nouvelles normes de sécurité.

L'informatique en périphérie rapproche ces tâches des sources de données, soit en permettant leur exécution au sein même des appareils, soit en les externalisant vers des serveurs et des centres de données locaux plutôt que vers des sites centraux. L'idée de base est de minimiser autant que possible le temps de transmission

des données mais avec l'introduction d'un nouveau paradigme et de nouvelles technologies, les questions de sécurité deviennent de plus en plus importantes.

Dans le domaine de l'IoT et de l'informatique en périphérie (y compris l'informatique en périphérie dans le cloud, l'informatique en périphérie distribuée et l'informatique en périphérie mobile), les organisations d'utilisateurs entrent dans de nouvelles technologies qui doivent être manipulées avec une certaine prudence. Les besoins de sécurité spécifiques de l'informatique dans le cloud sont largement compris, et il en va de même pour l'informatique en périphérie sur site, mais les capteurs de l'IoT et les passerelles propriétaires de l'IoT ne sont pas toujours optimisés pour la sécurité et il est souvent difficile de mettre à jour leurs logiciels. Pour l'informatique mobile en périphérie, le défi de la sécurité est clair, mais le choix du fournisseur de services est crucial.

Un autre problème est l'utilisation de données provenant de dispositifs tiers potentiellement non sécurisés. Une politique de sécurité renforcée devrait donc séparer les flux de données provenant de dispositifs de confiance de ceux produits par des dispositifs non fiables. De plus, elle devrait utiliser des réseaux privés virtuels sur la couche de communication ainsi qu'un cryptage et une authentification forts.

Spike Reply souligne également l'importance de déployer des systèmes de détection des intrusions sur le réseau ainsi qu'une protection physique. Pour garantir la sécurité du système de périphérie, il est essentiel d'utiliser des règles de sécurité de réseau strictes pour empêcher l'accès aux systèmes sensibles dans la couche d'infrastructure centrale et la couche de périphérie et d'adopter des pratiques d'authentification sûres. Ainsi, l'informatique de périphérie peut gérer la sécurité au mieux et améliorer une «connectivité de proximité» sécurisée dans le nuage.



# CONCLUSIONS

“ Des concepts plus récents comme l’informatique en périphérie sont régulièrement discutés parallèlement au nuage, souvent comme s’ils étaient chacun des approches exclusives de l’infrastructure. Toutefois, l’utilisation de l’une n’élimine pas la possibilité d’utiliser l’autre. Certaines personnes pensent également que l’informatique en périphérie finira par remplacer l’informatique dématérialisée traditionnelle, mais ce n’est pas le cas. Les deux technologies ont des rôles importants et distincts au sein d’un écosystème informatique. ”

Nick Offen, Cloud computing vs. Edge computing [Offen, 2020]

## Le cloud computing est presque partout aujourd’hui ; il sera bientôt partout

Comme la technologie du cloud sera omniprésente, une stratégie holistique comprenant la sécurité, l’architecture, le multi-clouds et l’intégration de périphérie sera le noyau fondamental pour exploiter avec succès les avantages du cloud computing et maximiser l’investissement dans le cloud au niveau organisationnel. La rentabilité peut être optimisée en déplaçant les bonnes applications dans le nuage, en repensant l’architecture du réseau au-delà des unités commerciales et en mettant en œuvre un réseau robuste couvrant les environnements hybrides multi-clouds et la périphérie ainsi que les centres de données sur site.

En raison de la pression croissante en faveur de l’agilité, du développement et de la fourniture rapides, les entreprises devraient mettre à niveau leurs technologies de l’information pour qu’elles soient «prêtes pour Kubernetes», en faisant du «cloud natif» une partie intégrante de leur stratégie. Le passage à un développement «natif du nuage», basé sur une infrastructure de conteneurs, facilite grandement la mise à l’échelle par rapport aux environnements de développement traditionnels. Le chemin vers un état d’esprit «natif dedu cloud» exige un changement culturel au sein des équipes de développement et d’exploitation, en reconsidérant un large éventail d’activités et de technologies ainsi que de processus.

Les technologies émergentes comme l’IA ou l’informatique quantique sont de plus en plus accessibles «prêtes à l’emploi» via le cloud et les modèles «as a Service». Cela signifie qu’elles étendent leur portée à une application plus large sur le lieu de travail en offrant aux utilisateurs professionnels un accès simple et rentable à une IA facilement consommable et peu coûteuse. Les organisations capables d’exploiter la puissance de ces technologies dans le nuage pourront se démarquer de la concurrence. Pour les fournisseurs de services dans le nuage, ces capacités deviendront un facteur de différenciation majeur.

## L’informatique en périphérie est actuellement l’un des sujets les plus en vogue dans le domaine IT et elle est en train de devenir un marché en pleine expansion

L’informatique mobile en périphérie, le cloud distribué et les architectures en périphérie pourront augmenter massivement la vitesse de traitement des données, réduisant ainsi les délais et permettant des technologies comme l’IoT et les véhicules autonomes. De plus, comme les préoccupations relatives à la protection de la vie privée augmentent rapidement parallèlement au passage aux environnements en nuage, la construction de réseaux permettant le traitement et la prise de décision au niveau local ou sur les appareils, laissant les données en périphérie du réseau



sans aucune interaction dans le nuage, aidera les entreprises à faire face à l'aspect de la sécurité des données.

Dans sa définition stricte, l'informatique en périphérie actuelle est étroitement liée à des cas d'utilisation industrielle où la latence, la connectivité, la sécurité/la confidentialité et les coûts de connectivité jouent un rôle essentiel. Pour ces cas d'utilisation, les solutions en périphérie, en particulier le matériel destiné à l'utilisation en atelier, sont essentielles. Actuellement, la plupart des solutions en place sont autogérées ; à l'avenir, la gestion des fournisseurs de services deviendra plus importante. Un indicateur de performance clé sera le temps de récupération en cas de défaillance. La sécurité de la périphérie sera le prochain sujet important dans ce cadre.

Le nuage en périphérie est actuellement promu principalement par les fournisseurs de l'hyperconvergence, les hyperscalers. Si ces solutions peuvent résoudre efficacement les problèmes de latence, la connectivité, la sécurité/la confidentialité et les volumes de données transmises dépendent de l'offre réelle. En général, le «edge cloud» est souvent utilisé comme un élément de base de la mise en œuvre d'un nuage hybride pour des solutions d'usage général. Soit la gestion est assurée par les hyperscalers, soit par un fournisseur de services ; l'autogestion est soit impossible, soit très rare. Le cloud périphérique est particulièrement intéressant pour les clients des secteurs réglementés qui souhaitent mettre en œuvre des solutions natives du cloud mais qui ne sont actuellement pas autorisés ou désireux de passer au cloud public. Cela signifie que le «edge cloud» est une technologie de transition viable vers le nuage public.

Des plateformes informatiques mobiles en périphérie apparaissent sur le marché. L'idée est de localiser la puissance de calcul dans des stations de base 5G afin d'offrir une expérience de latence semblable à celle de l'informatique en périphérie. Les hyperscalers signent des partenariats avec de grandes compagnies de télécommunications pour y installer des unités de calcul et les compagnies de télécommunications recherchent des fournisseurs de services pour proposer des offres d'informatique mobile en périphérie gérées par leurs soins. Différentes offres viendront probablement des fournisseurs de services, des fournisseurs de logements et des start-ups également. Bien que le déploiement de la 5G prenne un certain temps, la périphérie mobile, même avec la 4G et l'approche de cloud distribué, sont des modèles commerciaux prometteurs car les clients n'ont plus besoin d'une infrastructure sur site et sont toujours assurés d'une faible latence.

Chez Reply, nous pensons que l'informatique en périphérie, sous toutes ses formes, sera un formidable outil pour les entreprises intéressées par l'efficacité opérationnelle. Là où la pandémie de coronavirus entraîne des réductions des budgets IT/OT, les études de cas partagées dans le cadre de cette recherche montrent comment utiliser l'informatique en périphérie et le cloud distribué comme un levier stratégique. La collection de cas d'utilisation montre un large éventail de mises

en œuvre possibles. Nous sommes convaincus que l'effervescence étonnante des hyperscalers et des startups nous permettra de concevoir de nouveaux cas chaque année, notamment grâce à la pertinence croissante de la 5G et de l'IoT.



# ANNEXE

## **Le projet de recherche « From Cloud to Edge » a été mené par le Reply Market Research Hub, avec le soutien du Teknowlogy Group**

La liste suivante contient les références des sources citées dans cette recherche.

- ▶ [\[Day, 2020\] Justin Day, Why Covid-19 has accelerated the need for Edge Computing, 2020](#)
- ▶ [\[IJPTT, 2020\] Khalaf Khatatneh, Osama Nawafleh, Ghassan Al-Utaibi, The Emergence of Edge Computing Technology over Cloud Computing, International Journal of P2P Network Trends and Technology](#)
- ▶ [\[McKendrick, 2020\] Joe McKendrick, An Executive's View Of The COVID-19 Crisis: Cloud Computing Is Proving Itself, 2020](#)
- ▶ [\[Offin, 2020\] Nick Offin, Cloud computing vs. edge computing, 2020](#)
- ▶ [\[TechCrunch, 2020\] Ron Miller, Chinese cloud infrastructure market generated \\$3.3B in Q42019, 2020](#)

### **Avis de non-responsabilité de Reply**

Les marques et logos des clients mentionnés leur appartiennent.

Reply a été autorisé par les responsables des clients Reply à reprendre leurs citations. Ces citations sont personnelles et ne représentent pas nécessairement les avis des sociétés où travaillent ces personnes ni les avis de Reply.

Cette recherche est effectuée à des fins de diffusion et d'information et ne vise pas à épuiser le panorama des informations disponibles sur le sujet.

Cette recherche est basée sur des informations également collectées auprès de sources tierces que Reply considère comme actualisées et exactes. Cependant, Reply ne peut pas garantir l'adéquation, l'exactitude, l'exhaustivité ou la justesse de ces informations, ni garantir ou représenter que la recherche est à tous égards complète.

Reply décline donc expressément toute responsabilité liée à l'utilisation des informations fournies, et ne donne aucune garantie d'aucune sorte concernant les informations fournies, y compris, mais sans s'y limiter, les garanties de qualité marchande ou d'adéquation à un usage particulier.

Reply ne garantit pas non plus que la qualité des informations obtenues par les lecteurs grâce à cette recherche répondra à leurs attentes.

### **Avis de non-responsabilité du Teknowlogy Group**

Toutes les données sur le marché mentionnées dans le document appartiennent au Teknowlogy Group. Pour plus d'informations, veuillez consulter le site <http://www.sitsi.com>.

Les contributions du Teknowlogy Group à cette recherche ont été compilées avec le plus grand soin. Toutefois, aucune responsabilité ne peut être assumée quant à leur exactitude. Les analyses et évaluations reflètent l'état des connaissances du Teknowlogy Group en mai 2020 et peuvent changer à tout moment. Cela s'applique en particulier, mais pas exclusivement, aux déclarations faites sur l'avenir.

Les contributions du Teknowlogy Group à cette recherche sont protégées par le droit d'auteur. Toute reproduction ou diffusion à des tiers, même partielle, nécessite l'autorisation explicite préalable du donneur d'ordre. La publication ou la diffusion de données, tableaux, graphiques, etc. dans d'autres publications nécessite également une autorisation préalable.

Le chapitre « Les cas d'utilisation de l'informatique en périphérie et du cloud distribué selon Teknowlogy Group » a été produit par Pierre Audoin Consultants (PAC) - une société du Teknowlogy Group. Reply n'a eu aucune influence sur l'analyse des données et la production de ce chapitre.



Reply se spécialise dans la conception et la mise en œuvre de solutions basées sur les nouveaux canaux de communication et les médias numériques. En tant que réseau d'entreprises hautement spécialisées, Reply définit et développe des modèles commerciaux rendus possibles par les nouveaux modèles d'IA, de Big Data, de cloud computing, de médias numériques et d'Internet des Objets. Reply fournit des services de conseil, d'intégration de systèmes et des services numériques aux entreprises des télécommunications et des médias; de l'industrie et des services; de la banque et des assurances; ainsi que du secteur public. [www.reply.com](http://www.reply.com)