

GUIDE SUR LE
DÉVELOPPEMENT
D'APPLICATIONS
OUVERTES À L'USAGE
DES RESPONSABLES
INFORMATIQUES

Google Cloud

SOMMAIRE

3

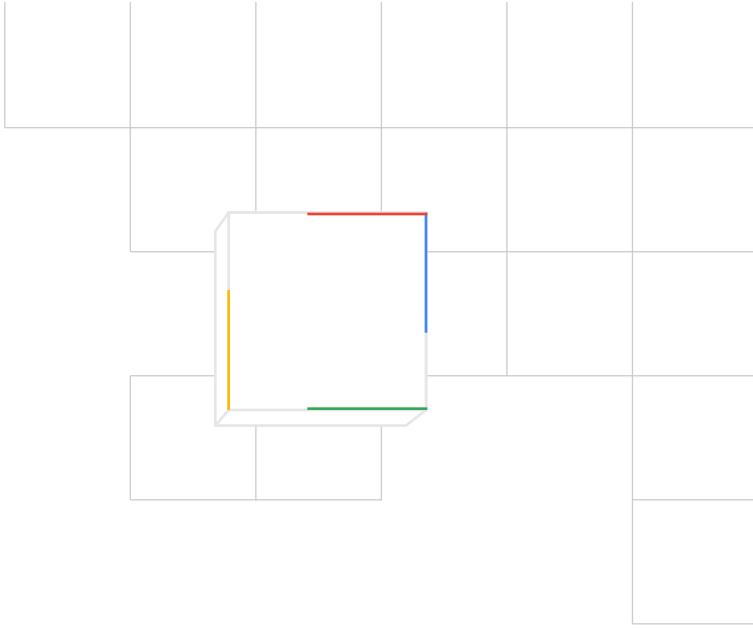
7

11

17

24

25



INTRODUCTION

Aujourd'hui, les informations s'immiscent dans toutes les interactions, et les entreprises s'efforcent de tirer une valeur commerciale des volumes de données grandissants. Cette situation est à l'origine de cycles de développement logiciel plus rapides au cours desquels les services informatiques doivent fournir en continu de nouvelles fonctionnalités. Le cloud computing permet ce tour de force : il offre à l'informatique une évolutivité et une efficacité à la demande, ce qui permet aux entreprises de consommer des ressources logicielles et de l'infrastructure de manière flexible en fonction de leurs besoins¹. Pour répondre aux attentes toujours plus exigeantes des utilisateurs, les développeurs logiciels peuvent se servir du cloud pour déployer des modifications auprès des utilisateurs du monde entier, instantanément, depuis leur ordinateur portable. Face à cette nouvelle réalité, il n'est pas surprenant que les dépenses totales associées aux services cloud soient estimées à plus de 300 milliards de dollars américains d'ici 2020².

Cependant, l'adoption d'outils cloud ne met pas toujours fin aux difficultés d'une entreprise. Aujourd'hui, presque toutes les organisations informatiques doivent fonctionner dans un environnement hybride, où les applications prennent différentes formes : anciens systèmes qui restent sur site, applications existantes transférées dans le cloud, ou nouvelles applications conçues pour le cloud (voir "Trois types d'applications", page 5). Chacun de ces environnements est le reflet d'une ère différente du développement d'applications métier. Leur cohabitation rend le paysage informatique de plus en plus complexe : passer au cloud n'est pas suffisant³.

Ces défis émergents impliquent de nouvelles approches en termes de développement logiciel. Les approches les plus efficaces considèrent le cloud comme un type de plate-forme radicalement différent, caractérisé par des environnements ouverts et ultra-connectés. Cette nouvelle priorité donnée à l'ouverture a d'importantes conséquences pour les entreprises. L'ouverture signifie que la dernière innovation est disponible pour toutes les entreprises (et leurs concurrents) instantanément via Internet. Les logiciels sont de plus en plus portables et interopérables, ce qui libère les entreprises du risque de

dépendre d'un fournisseur spécifique. Le code peut être empaqueté et déployé sous forme de petits fragments faciles à gérer. Les équipes peuvent donc proposer de nouvelles fonctionnalités aux utilisateurs de manière agile, plusieurs fois par jour.

Ce *Guide sur le développement d'applications ouvertes* aide les responsables informatiques à répondre aux défis actuels en tirant parti de l'adoption sans précédent des environnements ouverts et connectés. Cette évolution constitue une opportunité pour les entreprises de redéfinir leurs interactions avec leurs clients, leurs partenaires, leurs fournisseurs et leurs propres employés.

Ce guide permet de découvrir comment les directeurs et les responsables informatiques peuvent concrétiser les promesses d'agilité du cloud en appliquant deux stratégies principales :

"Les approches les plus efficaces considèrent le cloud comme un type de plate-forme radicalement différent, caractérisé par des environnements ouverts et ultra-connectés."

Utiliser des API pour encourager l'innovation

Les interfaces de programmation d'application (API) permettent aux entreprises de puiser parmi les meilleurs services cloud et de promouvoir l'innovation en évitant aux développeurs d'avoir à réinventer la roue pour des problèmes déjà résolus⁴. Ils peuvent ainsi se concentrer sur la création de valeur ajoutée pour les utilisateurs. En plus d'utiliser des API, les entreprises peuvent participer à des écosystèmes numériques et créer des plates-formes (et, à terme, générer de nouveaux revenus) en mettant leurs propres API à la disposition des autres.

Utiliser des conteneurs pour un développement d'applications rapide et flexible

Avec les conteneurs, les entreprises sont en mesure de créer des logiciels sous forme de services légers et portables qui peuvent être déployés de manière cohérente sur différents environnements, qu'ils se situent dans un centre de données privé ou un cloud public. Les conteneurs libèrent les entreprises du risque de dépendre d'un fournisseur spécifique en séparant les applications de l'infrastructure sous-jacente. Les derniers outils offrent un framework informatique cohérent permettant de déployer, de faire évoluer et de gérer des conteneurs sur n'importe quel environnement.

Les utilisateurs d'aujourd'hui s'attendent à une expérience numérique fluide et instantanée. Les approches abordées dans ce guide aident les entreprises à atteindre les niveaux d'agilité et de réactivité exigés par les consommateurs actuels.

TROIS TYPES D'APPLICATIONS : ANCIENNES, EXISTANTES ET CLOUD NATIVES

Les anciennes applications qui restent sur site (ainsi que celles qui seront transférées dans le cloud) constituent une part importante du portefeuille d'applications d'une entreprise. Même si les approches "cloud natives" modernes permettent aux équipes de fournir de nouvelles applications plus aisément, la solution est de gérer judicieusement ces trois types d'applications.

Les applications existantes peuvent être transférées sur une infrastructure cloud basée sur des VM (*Infrastructure as a Service*). Ce sont des applications x86 s'exécutant sous Windows ou Linux qui peuvent être transférées telles quelles, avec leurs licences logicielles existantes dans de nombreux cas⁵.

Après la migration, la priorité des entreprises devrait être de déterminer quelles sont les applications à refactoriser sur des architectures cloud natives basées sur des conteneurs, et lesquelles s'en tireront intactes. Les nouvelles applications stimulées par les enjeux commerciaux doivent évoluer aussi vite que possible, sans être générées par d'anciens systèmes qui peuvent ralentir le développement⁶. Les conteneurs peuvent masquer une grande partie des détails de mise en œuvre et de la complexité, et exposer uniquement le nécessaire sous forme d'API. Des fournisseurs de cloud et des partenaires de confiance peuvent aider les organisations à orchestrer ce qui est conservé et ce qui est abandonné, afin de trouver le bon équilibre architectural et de permettre aux développeurs et aux équipes de production d'être immédiatement opérationnels.



NOS ORIGINES

Chaque semaine, Google lance plus de deux milliards de conteneurs dans ses centres de données à travers le monde⁷. Ensemble, ces conteneurs hébergent la gamme complète des applications de Google, y compris les applications proposées aux utilisateurs comme la recherche, Gmail et YouTube.

Depuis près de 20 ans, nous nous efforçons de servir nos utilisateurs efficacement par le biais du cloud : un modèle informatique unique qui implique une approche de déploiement et de gestion des applications radicalement différente. Nos clients apprécient l'évolutivité et les performances de Google Cloud en tant que plate-forme pour leurs applications. Ces qualités sont le fruit des innovations que nous avons réalisées en interne au niveau de nos centres de données et de notre réseau⁸. En externe, l'une de nos innovations les plus prometteuses est [Kubernetes](#), la plate-forme de gestion de conteneurs que nous avons créée et rendue Open Source, désormais sous le contrôle de la fondation inter-entreprises Cloud Native Computing Foundation⁹. L'incroyable engouement suscité par Kubernetes a inspiré ce *Guide sur le développement d'applications ouvertes à l'usage des responsables informatiques*.

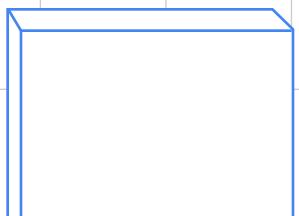
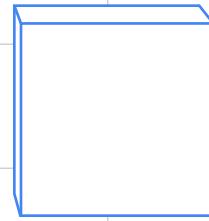
Kubernetes, qui désigne le pilote ou le timonier d'un navire en grec, s'inspire directement du gestionnaire de clusters de Google, connu en interne sous le nom Borg¹⁰. Ce dernier permet à Google de rediriger des centaines de milliers de tâches logicielles sur de vastes clusters comptant des dizaines de milliers de machines. Borg et Kubernetes sont l'aboutissement de l'expérience de Google dans le déploiement d'applications fiables à grande échelle. Ils sont conçus pour éliminer la complexité afin que les développeurs et les équipes opérationnelles puissent gagner du temps et se concentrer sur la création de nouvelles fonctionnalités pour les utilisateurs.

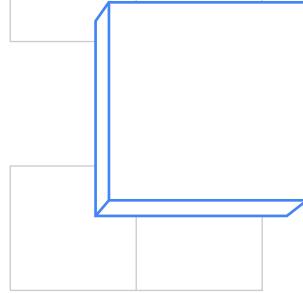
Surtout, Kubernetes constitue une base pour le développement et l'exploitation d'applications modernes (les "DevOps"), une méthode éprouvée permettant d'atteindre la réactivité attendue par les utilisateurs actuels. Conçu pour être ouvert, il met fermement le contrôle entre les mains des clients, et non des fournisseurs.

CHAPITRE 1

LES ORIGINES OUVERTES DU CLOUD

01





LES ORIGINES OUVERTES DU CLOUD

01

En 1974, Vint Cerf et Bob Kahn, les deux pères fondateurs d'Internet, ont partagé ouvertement leur conception d'Internet dans la publication *IEEE Transactions on Communications*¹¹. "Notre conception devait être disponible partout, pour tous, sans entraves", expliquait Vint Cerf. "L'ouverture était importante dès le départ." Le protocole TCP (Transmission Control Protocol) de Vint Cerf et Bob Kahn est devenu le fondement d'Internet.

Les environnements informatiques hybrides actuels reflètent le même degré de connexion entre les systèmes : les logiciels peuvent s'exécuter n'importe où et tout appareil connecté à Internet peut échanger des données à l'aide de normes ouvertes¹².

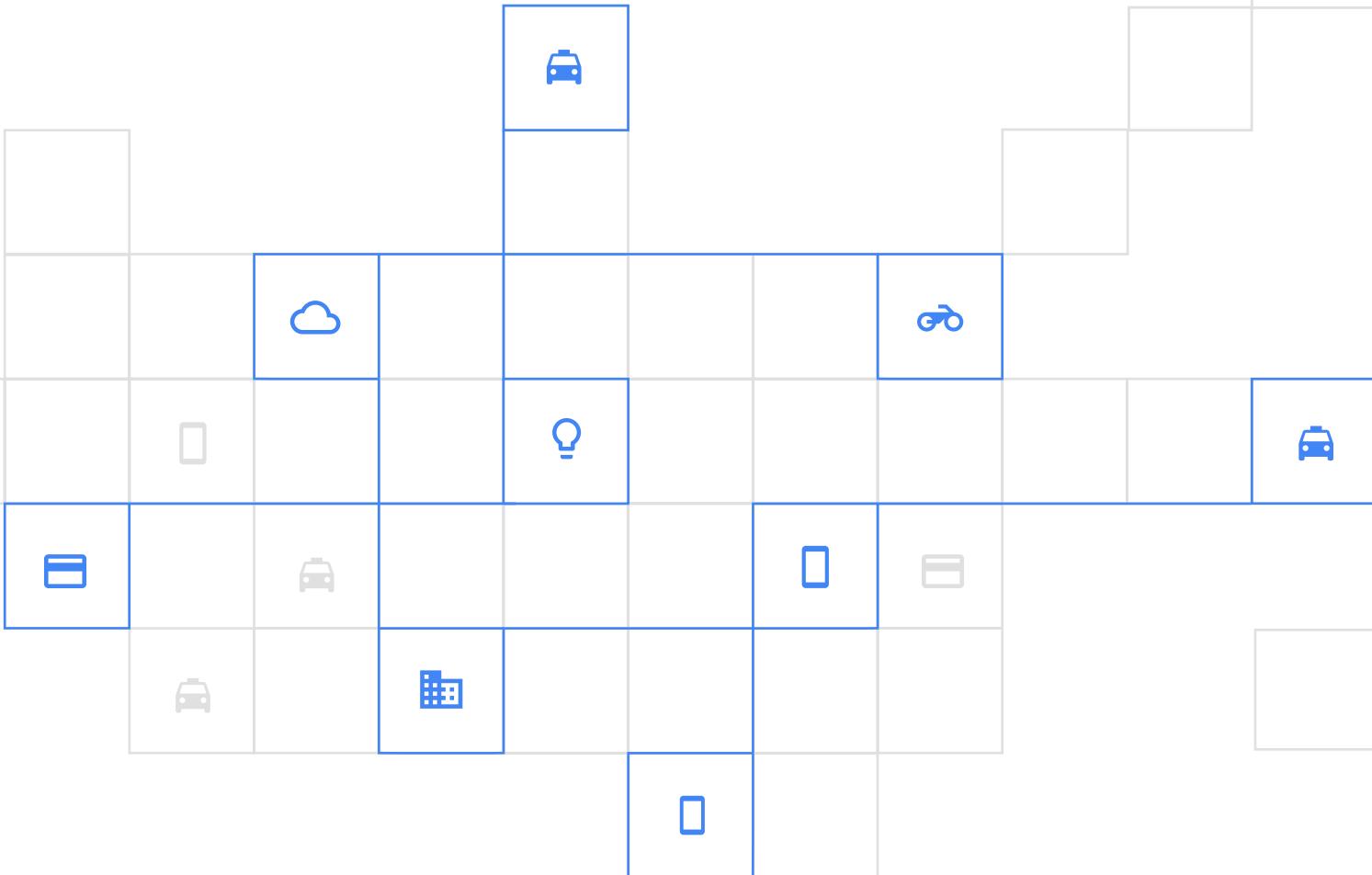
L'informatique se consacrait auparavant à développer et déployer des logiciels sur des systèmes internes. Cependant, le changement le plus important qui touche l'environnement d'exploitation actuel est la possibilité de se connecter à des systèmes et à des sources de données externes en dehors de l'entreprise. Les responsables informatiques d'aujourd'hui ont l'opportunité de façonnner la manière dont les applications atteignent les clients et les autres parties prenantes afin d'exercer une profonde influence commerciale.

Les résultats économiques de l'ouverture

Pendant que les équipes informatiques s'efforcent de trouver des solutions technologiques, il est facile de négliger ce qui a changé le plus radicalement au cours de la dernière décennie : les attentes des utilisateurs. La connectivité rapide a créé des attentes d'instantanéité¹³. Des recherches sur le Web au streaming vidéo, les utilisateurs s'attendent à des performances presque immédiates de la part de leurs produits habituels. Ils s'attendent à passer facilement de leurs applications personnelles à leurs applications professionnelles, sans dégradations des performances, ni de la qualité¹⁴.

Les utilisateurs souhaitent accomplir leurs tâches : ils veulent que les systèmes remplissent leur mission, peu importe que les systèmes backend soient uniformes ou en silos, locaux ou dans le cloud. L'interopérabilité est considérée comme un acquis, même si chaque système backend provient d'un fournisseur distinct fonctionnant sur une plate-forme totalement différente. Les utilisateurs ont peu de tolérance pour les mauvaises expériences et prennent pour modèles les applications grand public populaires, où la connectivité ouverte est omniprésente.

Prenons l'exemple d'une application de covoiturage sur smartphone. Une interface riche contenant une carte montre les véhicules à proximité en temps réel. Pour un simple trajet, l'application de covoiturage a recours à un ou plusieurs systèmes de paiement électronique pour gérer le traitement des frais, tandis que des services de messagerie et de téléphonie permettent au conducteur et au passager de communiquer entre eux. Grâce à de nouveaux services, les passagers peuvent se faire livrer leur repas au moment de leur arrivée. La même application indique les notes et l'activité des restaurants situés aux alentours. Bien sûr, l'application s'intègre également aux propres systèmes backend de l'entreprise de covoiturage, qu'ils soient sur site ou dans le cloud.



Chacun de ces fournisseurs de services (cartes, paiements électroniques, messagerie, téléphonie sur Internet et livraison de repas) participe à la croissance et au succès de l'entreprise de covoiturage. Les prestataires de services sont des fournisseurs de l'entreprise de covoiturage. Les marchandises de cette chaîne logistique s'avèrent juste être numériques. Surtout, chaque point de connexion de ce trajet est rendu possible par l'ouverture et l'interopérabilité bilatérale.

Que les applications actuelles gèrent le covoiturage, les réservations, les paiements ou la connexion aux systèmes des fournisseurs et des partenaires, maîtriser la communication entre les logiciels est une discipline essentielle. C'est le fondement des écosystèmes *numériques* qui permettent aux entreprises de puiser dans les effets de réseau et d'évolutivité dont profitent les plates-formes à succès comme Uber et Airbnb¹⁵. La clé de ces écosystèmes puissants, c'est la possibilité pour les tiers (externes à l'entreprise) de contribuer naturellement au contenu, et d'accroître ainsi la valeur ajoutée de la plate-forme pour tous les utilisateurs. Ces écosystèmes, rendus possibles par des systèmes cloud ouverts, présentent de nouvelles opportunités commerciales qui étaient irréalisables dans les environnements relativement fermés d'hier.

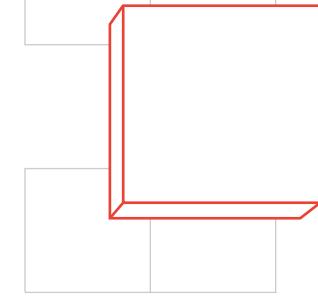
La section suivante examine comment les organisations peuvent profiter des avantages de l'ouverture grâce à ce type de *plates-formes professionnelles connectées*.

RÉSUMÉ DU CHAPITRE 1

- 1 Le fait qu'**Internet soit à la base** du cloud computing public lui a permis d'hériter de ses principales qualités d'ouverture et d'interopérabilité. Ces dernières permettent une innovation rapide et une forte croissance, ce qui est essentiel pour la compétitivité dans les environnements professionnels d'aujourd'hui.
- 2 Les utilisateurs veulent que les systèmes remplissent leur mission, peu importe que les systèmes backend soient uniformes ou en silos. Des **systèmes ouverts et interopérables** permettent des expériences fluides pour les utilisateurs, peu importe où et comment ils interagissent avec votre entreprise.
- 3 Maîtriser la communication entre les logiciels est indispensable pour prendre part à des **écosystèmes numériques**, grâce auxquels les entreprises peuvent puiser dans les effets de réseau et d'évolutivité dont profitent les plates-formes à succès comme Uber et Airbnb.

DES PLATES-FORMES
PROFESSIONNELLES CONNECTÉES

02



DES PLATES-FORMES PROFESSIONNELLES CONNECTÉES

02

Les API permettent aux logiciels de dialoguer, la communication s'effectuant par l'intermédiaire de normes ouvertes¹⁶. Le concept d'API dans l'entreprise n'est pas nouveau. Pendant la première décennie des années 2000, l'architecture orientée services (SOA) visait à normaliser les services afin que les processus métier puissent les partager en interne¹⁷.

La priorité des API est depuis passée de la communication interne à externe. Contrairement aux efforts d'intégration internes du passé, les approches orientées services d'aujourd'hui communiquent via Internet et sont tournées vers l'extérieur. Lorsqu'ils mettent en place leurs stratégies en matière d'API, les responsables informatiques doivent commencer avec des utilisateurs externes à l'entreprise (clients, partenaires et fournisseurs) et se demander comment les ressources de l'organisation peuvent être mises à la disposition de ces différents groupes de manière fiable et sélective. Les données, les algorithmes et les résultats des processus métier sont des ressources numériques précieuses qu'il est possible de proposer comme services externes. Ces ressources, exposées sous forme d'API gérées, permettent aux développeurs et aux entreprises externes d'étendre la valeur des ressources d'une organisation de manière innovante et inattendue. Il s'ensuit souvent un effet boule de neige pour l'innovation. Par exemple, les fournisseurs numériques, que ce soit ceux des cartes, des paiements électroniques, de la téléphonie sur Internet ou de la livraison de repas, ne pouvaient pas prévoir que le covoiturage entraînerait une demande aussi importante pour leurs services.

Avec ce nouveau modèle, les services de l'entreprise reflètent une valeur métier externe qui est pertinente pour les consommateurs, plutôt que de simples silos de systèmes internes. Une API sert de contrat à destination du public qui définit comment le monde extérieur extrait de la valeur à partir des services de l'organisation. Par exemple, une société de services financiers peut exposer une API de données

qui reçoit un symbole boursier en entrée, puis retourne les dernières informations sur cette action. Si le consommateur fournit une plage de dates en option, le système peut donner davantage d'informations, comme les événements de marché ou les déclarations à la SEC pour cette période. Il est prévu dès la conception que l'origine et la méthode d'obtention de ces informations par le service ne soient pas accessibles à la clientèle. Les sources peuvent changer librement sans impact pour l'utilisateur final.

Cependant, exposer des API ne constitue qu'une partie de la solution. La gestion d'API moderne propose une *couche de médiation* globale faisant respecter la discipline entre les systèmes qui interagissent localement et via le cloud. Les systèmes de gestion d'API actuels peuvent effectuer les actions suivantes :

- Améliorer la sécurité des points de terminaison d'API avec l'authentification, l'autorisation, la détection des intrusions et le chiffrement
- Faire évoluer les appels d'API entrants avec l'équilibrage de charge et le routage interne
- Fournir des outils de surveillance qui indiquent l'état et la disponibilité des services
- Proposer des analyses, des statistiques et des rapports de qualité sur l'utilisation des API
- Permettre un contrôle des versions adéquat afin que les changements ne créent pas de problèmes pour les utilisateurs des API
- Effectuer des étapes de protocole et de traduction des données pour assurer l'interopérabilité entre les systèmes

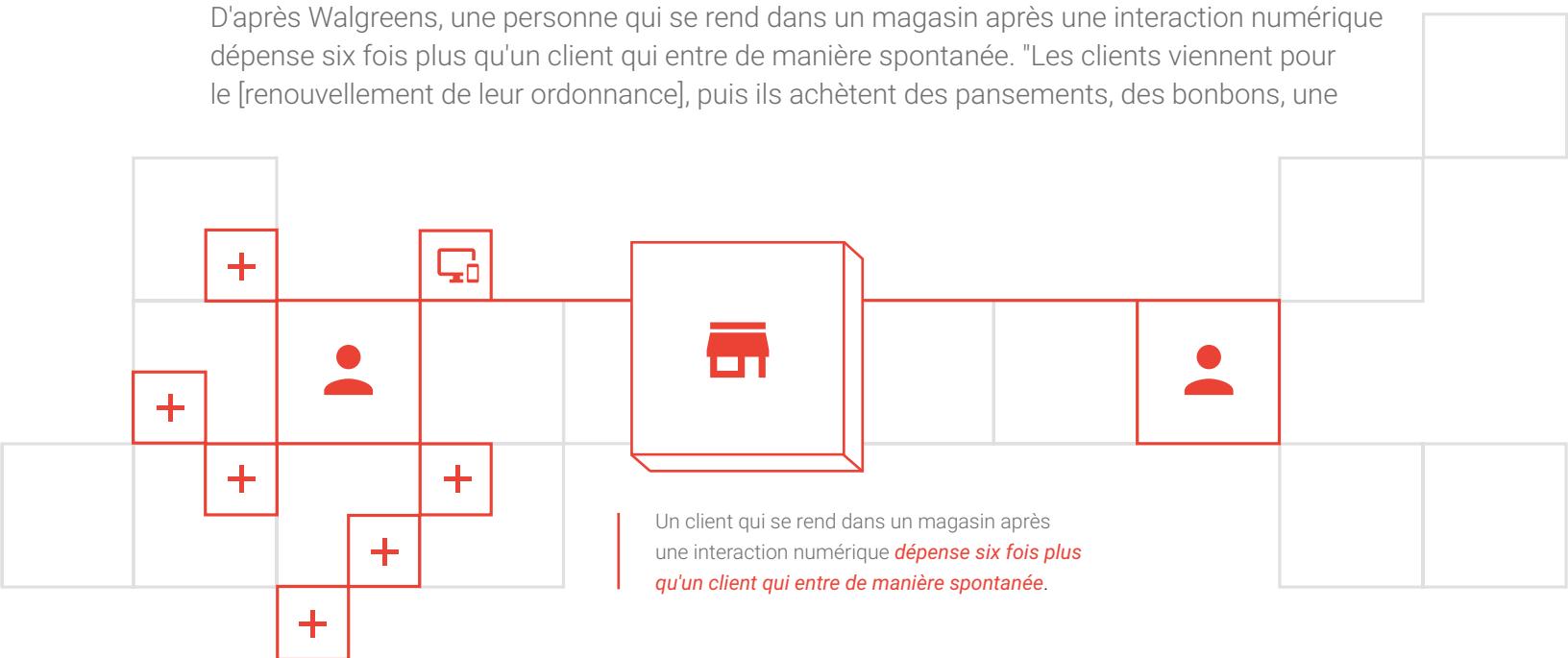
La gestion d'API permet aux développeurs d'exploiter des services (locaux et distants) gérés de manière centralisée, auditables et plus sûrs. En même temps, les développeurs travaillent avec l'entreprise afin d'exposer de manière sélective des données et des processus pour les consommateurs en externe. Les entreprises peuvent ainsi prendre part à des écosystèmes numériques, ou en créer d'autres¹⁸. Les principaux fournisseurs de cloud d'aujourd'hui ont démontré que les pratiques de gestion d'API aident à alimenter ces écosystèmes, à partir de leur expérience dans la gestion de certains des services les plus utilisés sur Internet.

Les API, moteurs commerciaux

Dans les secteurs d'activité où le principal produit est l'information (presse écrite et audiovisuelle, publicité, divertissement, certains segments des services bancaires et financiers), les entreprises peuvent proposer leurs produits directement (et instantanément) à leurs clients. Ces secteurs ont été parmi les premiers à sentir les effets de l'adoption massive des technologies numériques par les consommateurs.

Dans les secteurs traditionnels, le leadership numérique est souvent négligé. Prenons l'exemple de Walgreens, une entreprise qui existe depuis 115 ans : avec son API Photo Prints, tout développeur d'applications mobiles peut inclure une fonctionnalité permettant aux utilisateurs d'envoyer des photos à plus de 8 000 points de vente Walgreens pour les imprimer. Pour chaque photo commandée et récupérée dans un magasin local, le développeur de l'application participante peut gagner une part des revenus¹⁹. Walgreens propose également une API Pharmacy Prescription, qui permet aux utilisateurs de demander le renouvellement de leurs ordonnances dans des applications mobiles tierces, comme les applications de santé [Glow](#) et [WebMD](#)²⁰.

D'après Walgreens, une personne qui se rend dans un magasin après une interaction numérique dépense six fois plus qu'un client qui entre de manière spontanée. "Les clients viennent pour le [renouvellement de leur ordonnance], puis ils achètent des pansements, des bonbons, une



boisson gazeuse, tout ce que nous vendons dans nos magasins, six fois plus que s'ils étaient tout simplement entrés sans but précis. Ce phénomène est vraiment intéressant pour nous, car il génère non seulement de la valeur pour notre magasin, mais également pour notre programme d'API qui fournit tous ces services", explique Drew Schweinfurt, responsable de la promotion du développement chez Walgreens²¹.

Beaucoup des opportunités les plus prometteuses qui reposent sur l'utilisation d'API comme moteurs commerciaux restent inexploitées. Les secteurs d'activité établis qui jusqu'ici n'attiraient pas les talents natifs du numérique ont un grand potentiel : la fabrication, l'industrie, la vente, le secteur public et la santé. Dans ces secteurs, l'orientation client peut se manifester sous forme de produits connectés où des appareils physiques envoient des données à des API dans le cloud. Il peut s'agir de fournir des analyses aux utilisateurs ou de favoriser des transactions efficaces entre l'entreprise et des entités externes²². Dans le secteur des services, les API facilitent la communication avec les clients grâce à des expériences Web et mobiles familières.

Maintenant que les entreprises commencent à intégrer des API à leur stratégie technologique, il est essentiel de se rappeler que la technologie et l'innovation liée aux modèles économiques vont de pair. Le véritable potentiel du cloud computing réside dans l'innovation liée aux modèles économiques. Pour produire un impact commercial, les responsables informatiques doivent commencer avec l'entreprise et se demander où ils peuvent emmener le client.

RÉSUMÉ DU CHAPITRE 2

- 1 Pour créer de la valeur, l'informatique doit s'écartier de l'état d'esprit statique des applications internes et exploiter le **potentiel des plates-formes**. Les plates-formes permettent aux développeurs et aux organisations externes de créer de la valeur à partir de ressources existantes.
- 2 Les **API** peuvent servir de contrats à destination du public qui définissent comment le monde extérieur extrait de la valeur des services de l'organisation. La **gestion d'API moderne** crée une couche de médiation qui garantit que les API sont gérées de manière centralisée, auditables et plus sûres.
- 3 Les API peuvent être de **puissants moteurs commerciaux**, surtout dans les secteurs d'activité établis où les opportunités numériques sont parfois négligées. Walgreens est une entreprise qui existe depuis 115 ans et qui utilise la gestion d'API moderne pour fidéliser ses clients en connectant leurs expériences numériques et physiques.



ÉTUDE DE CAS

GOOGLE MAPS

Google Maps est l'une des applications les plus visibles du secteur, et l'un des ensembles d'API les plus utilisés au monde. Les cas d'utilisation liés à la cartographie englobent tous les secteurs. L'application sert de moteur géographique à tous types de services, du covoiturage moderne à l'immobilier, en passant par les [jeux mobiles les plus populaires](#) à l'heure actuelle. Derrière la façade de l'application, Google Maps propose une collection d'API :

- L'API Places, qui connecte les utilisateurs à des informations sur des millions d'endroits
- Des plans intégrables qui fonctionnent nativement sur les plates-formes Web, iOS et Android
- L'API Street View Image, qui fournit des images et des panoramas du monde réel
- L'API Geocoding, qui effectue la conversion entre adresses et coordonnées géographiques
- L'API Distance Matrix, qui indique les temps de trajet et les distances entre les destinations

Plusieurs autres API, y compris un service qui peut indiquer l'altitude de n'importe quel point du monde, sont également disponibles. Il est facile de voir le vaste champ d'application de ces API. L'impact de chacune de ces API est amplifié lorsqu'elle est appliquée à des cas d'utilisation auxquels l'équipe d'origine n'avait pas pensé. Comme un écosystème, les développeurs et les entreprises des deux côtés de ces API sont gagnants. Les équipes peuvent accroître leur productivité et ont accès aux meilleurs services disponibles, avec un simple appel d'API.

ENTREPRISE

Google

SECTEUR D'ACTIVITÉ

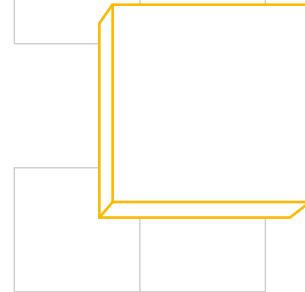
Informatique

À PROPOS

Google Cloud aide les entreprises à transformer leurs activités grâce à une gamme complète (infrastructure, applications, appareils) qui leur permet d'innover plus rapidement, de faire évoluer leurs ressources en fonction de leur croissance, de rester sécurisées et d'exploiter tout le potentiel de leurs données.

DES APPLICATIONS SOUS FORME DE
SERVICES LÉGERS ET PORTABLES

03



DES APPLICATIONS SOUS FORME DE SERVICES LÉGERS ET PORTABLES

03

Les API recèlent un puissant potentiel pour les entreprises. Cependant, pour suivre le rythme de l'écosystème numérique, les équipes informatiques doivent créer et déployer des applications qui s'adaptent à la nature connectée et multiplateforme du cloud au lieu de s'y opposer. Transposer d'anciennes méthodes sur de nouvelles plates-formes ne vous fera probablement pas gagner en vitesse de développement, ni en agilité.

Les conteneurs permettent aux équipes de créer et de déployer des applications sous forme de services légers et portables. Ils regroupent le code de l'application et les dépendances nécessaires pour l'exécuter et fournissent des modules entièrement autonomes que les développeurs peuvent utiliser sans crainte d'incompatibilité, ni de conflit. Conçus pour s'exécuter n'importe où et pour accueillir un large éventail d'applications professionnelles, les conteneurs sont l'allié idéal des systèmes ouverts et interconnectés d'aujourd'hui.

Comparez cette approche moderne aux VM traditionnelles. À la base, la virtualisation matérielle n'a été jamais été conçue pour répondre à la complexité des niveaux supérieurs du développement d'applications. Par le passé, les logiciels étaient fournis sous la forme d'une grande unité de dépendances complexes et enchevêtrées. Ces *applications monolithiques* sont difficiles à modifier et deviennent de plus en plus difficiles à comprendre au fur et à mesure de l'évolution des projets. En conséquence, la vitesse de développement ralentit, les défauts se multiplient et la dette technique s'accumule²³. Pour profiter des avantages du cloud, les équipes informatiques doivent adopter une approche différente.

Les conteneurs offrent plusieurs avantages importants aux équipes informatiques :

■ **Une productivité accrue grâce à une complexité réduite**

Comme le code de l'application et les dépendances sont encapsulés dans des conteneurs, les équipes n'ont pas à s'inquiéter des conflits, ni des environnements incohérents lors du déploiement du code, que la cible du déploiement soit un centre de données privé ou un fournisseur de cloud public.

■ **L'agilité nécessaire pour réagir aux changements**

La granularité des conteneurs est idéale pour le développement, l'intégration et le déploiement continus de logiciels. Les équipes peuvent fournir des petits fragments de nouvelles fonctionnalités aux utilisateurs plus souvent.

■ **Ouverture et libre choix du fournisseur**

Les entreprises peuvent éviter de dépendre d'une technologie ou d'un fournisseur spécifique en créant des logiciels qui utilisent des outils Open Source courants. Le lien entre les applications et l'infrastructure sous-jacente doit être aussi tenu que possible afin de permettre une migration transparente depuis et vers différentes plates-formes. Les outils de gestion de conteneurs comme Kubernetes ont été pensés dès leur conception pour garantir la portabilité et l'interopérabilité.

■ **Efficacité**

Les VM doivent démarrer des systèmes d'exploitation complets afin d'assurer l'isolation entre les applications. Les conteneurs démarrent bien plus vite et consomment beaucoup moins de processeurs et de mémoire²⁴. Un conteneur unique se mesure en mégaoctets, tandis qu'une VM doit posséder une copie complète du système d'exploitation et se mesure en *gigaoctets*, ce qui réduit fortement la portabilité et la vitesse à laquelle les développeurs peuvent apporter des modifications aux applications.

Comment les organisations gardent le contrôle

Dépendre d'une technologie ou d'un fournisseur spécifique peut conduire les organisations à se retrouver dans des situations complexes et rigides. Prenons, par exemple, le précurseur des applications SaaS modernes : les produits logiciels standards proposés par des fournisseurs, parfois appelés logiciels COTS (logiciels vendus sur l'étagère)²⁵. Comme aucun logiciel prêt à l'emploi ne pouvait répondre à tous les besoins personnalisés d'une organisation, des équipes ont rédigé en interne du code personnalisé qu'elles ont intégré profondément au logiciel du fournisseur. Les projets nés de cette approche sont devenus rapidement lourds et difficiles à gérer, à tel point que, dans certains cas, le fournisseur ne pouvait plus assurer le support. Les personnalisations cessaient de fonctionner lorsque les fournisseurs effectuaient des mises à jour, et changer de fournisseur ou de plate-forme devenait plus difficile à chaque ajout de code.

Dans les environnements connectés actuels, le risque de dépendre d'un fournisseur subsiste encore. Les applications personnalisées écrites en interne dépendent d'un vaste écosystème de services cloud pour l'exécution de tâches. S'ils ne suivent pas des étapes explicites pour séparer les applications de l'infrastructure, les responsables informatiques peuvent subir les conséquences suivantes :

- Mettre leur destin technique (et contractuel) entre les mains d'un seul fournisseur
- Perdre en flexibilité si une partie d'une application doit être transférée vers une autre plate-forme
- Faire face à une complexité croissante en demandant aux équipes d'employer des outils différents pour chaque environnement dans lequel elles déploient les logiciels²⁶

Les organisations qui adoptent des stratégies ouvertes pour leurs applications disposent d'une rare occasion de repenser leur architecture fondamentale, dès le départ.

Une nouvelle approche pour la création et le déploiement de logiciels

Les plates-formes de conteneurs d'aujourd'hui adoptent une approche différente par rapport aux systèmes professionnels fermés d'hier (voir "L'avènement de Kubernetes", page 21). Plutôt que de forcer les développeurs et les équipes opérationnelles à travailler au niveau de chaque machine, ils leur permettent d'intervenir à des niveaux d'abstraction plus élevés, indépendamment de l'infrastructure sous-jacente. Les développeurs peuvent diviser et modulariser le logiciel, puis encapsuler des fragments de fonctionnalités dans des conteneurs²⁷.

Ensuite, une plate-forme de gestion de conteneurs comme Kubernetes peut automatiser le déploiement, l'évolutivité et la gestion de ce logiciel sur n'importe quelle plate-forme. Les applications en conteneurs déployées de cette manière sont résilientes et capables de corriger des erreurs automatiquement, même si une machine sous-jacente tombe en panne. En fait, le *manque de fiabilité* est pris en compte : quand une machine connaît une défaillance, Kubernetes affecte simplement un autre nœud en bon état. Du côté des utilisateurs finaux, l'expérience est donc fluide et sans interruption.

Les plates-formes de gestion de conteneurs modernes considèrent le centre de données comme un "cloud" homogène de machines permettant de déployer des applications. Avec ces plates-formes, les équipes développent et déplacent des applications à l'aide d'un ensemble d'outils qui reste cohérent, que la cible de déploiement soit un centre de données privé ou un fournisseur de cloud public. Les organisations peuvent commencer le développement des applications entièrement sur site, puis les transférer vers n'importe quel fournisseur de cloud en fonction de leurs besoins.

L'AVÈNEMENT DE KUBERNETES

Kubernetes est une plate-forme Open Source permettant d'automatiser le déploiement, l'évolutivité et l'exploitation de conteneurs d'applications sur des clusters d'hôtes. Il s'agit d'une plate-forme ouverte et portable, sur laquelle les développeurs peuvent créer des applications. Google a lancé le projet Kubernetes en 2014, puis en a rapidement confié le contrôle à la [Cloud Native Computing Foundation](#), dirigée par la [Fondation Linux](#). Kubernetes est le fruit de plus de 15 années d'expérience de Google dans l'exécution d'applications basées sur des conteneurs en production. Ces applications constituent la base des applications les plus utilisées de Google, telles que la recherche, Maps, YouTube et bien d'autres.

Avec Kubernetes, les développeurs et les équipes opérationnelles disposent de bases solides pour effectuer les actions suivantes :

- Déployer des applications de manière rapide et prévisible
- Faire évoluer des applications facilement
- Déployer de nouvelles fonctionnalités sans interruption pour les utilisateurs
- Limiter l'utilisation de matériel aux ressources nécessaires

Kubernetes vise à favoriser un écosystème ouvert de composants et d'outils qui allègent la charge que représente la gestion d'applications distribuées, que ce soit sur un fournisseur de cloud public ou localement dans un centre de données privé.

LA CLOUD NATIVE COMPUTING FOUNDATION

La [mission officielle](#) de la Cloud Native Computing Foundation (CNCF) est "de créer et de favoriser l'adoption d'un nouveau paradigme informatique optimisé pour les environnements de systèmes distribués modernes pouvant accueillir des dizaines de milliers de nœuds mutualisés capables de s'autoréparer."

Faisant partie des membres les plus importants de la [Fondation Linux](#), la CNCF est une entité indépendante régie par des [membres de différentes sociétés](#). Elle a été créée pour aider les entreprises à s'intégrer et à prospérer dans les environnements numériques actuels en favorisant le style de développement d'applications *cloud natif*. D'après le [site de la CNCF](#), l'informatique cloud native utilise des logiciels Open Source et est :

- **Empaquetée en conteneurs**

Les applications et les processus s'exécutent dans des conteneurs logiciels pour former des unités de déploiement d'application isolées et permettre d'atteindre des niveaux élevés d'isolation entre les ressources. Elle améliore l'expérience générale des développeurs, favorise la réutilisation de code et simplifie l'exploitation des applications cloud natives.

- **Gérée dynamiquement**
Elle est planifiée et gérée activement par un processus d'orchestration central.
Elle améliore radicalement l'efficacité des machines et l'utilisation des ressources tout en réduisant les coûts liés à la maintenance et à l'exploitation.
- **Axée sur les microservices**
Elle est associée de manière souple à des dépendances décrites explicitement (par exemple, via des points de terminaison de services). Elle augmente de manière significative l'agilité et la maintenabilité globales des applications. La fondation va façonner l'évolution de la technologie pour faire progresser la solution de pointe en matière de gestion des applications et rendre la technologie omniprésente et facile d'accès grâce à des interfaces fiables.

RÉSUMÉ DU CHAPITRE 3

- 1 Pour bénéficier des écosystèmes numériques, les équipes informatiques doivent aborder le développement des applications de manière à tirer parti de la **nature connectée et multiplateforme** du cloud, plutôt que d'essayer d'y transposer des modèles et des pratiques utilisés auparavant.
- 2 Les **conteneurs** regroupent le code de l'application et les dépendances nécessaires pour l'exécuter. Ils fournissent également des modules autonomes que les développeurs peuvent utiliser sans crainte d'incompatibilité, ni de conflit. Les développeurs peuvent créer des applications sous forme de services légers et portables, qui sont par nature plus petits et plus faciles à modifier, et peuvent s'exécuter partout.
- 3 Dans les environnements connectés actuels, le risque de dépendre d'un fournisseur subsiste encore. Les organisations doivent prendre des mesures pour **séparer explicitement les applications de l'infrastructure**.
- 4 Les plates-formes de gestion de conteneurs Open Source comme Kubernetes **automatisent le déploiement, l'évolutivité et la gestion des applications**. Elles créent une couche d'abstraction au-dessus de l'infrastructure sous-jacente, ce qui permet aux équipes informatiques de déployer et d'exécuter des applications de manière cohérente dans tous les environnements.



ÉTUDE DE CAS

PHILIPS HUE : L'ÉCLAIRAGE QUI TRANSFORME LE QUOTIDIEN

Philips Lighting, un leader mondial de l'éclairage basé aux Pays-Bas, a voulu transformer la façon dont les gens utilisent l'éclairage chez eux. L'entreprise s'est donné pour objectif de connecter les ampoules à Internet, de les associer à des données d'utilisation et de les rendre interactives. Le but ? Offrir des avantages dépassant le simple éclairage, à savoir créer des expériences étonnantes, renforcer la sécurité des domiciles ou améliorer le bien-être (en fournissant l'éclairage parfait pour toutes les activités du quotidien, par exemple).

Pour ce faire, Philips Lighting a lancé l'éclairage connecté [Philips Hue](#). "Avec Philips Hue, nous ne nous contentons pas de vendre des ampoules : nous vendons un éclairage capable de changer votre intérieur et votre vie", explique George Yianni, directeur de l'éclairage connecté domestique chez Philips Lighting et inventeur de Hue.

Google Container Engine (basé sur Kubernetes) et Google Compute Engine gèrent 200 millions de transactions chaque jour, dont 18 millions de commandes d'éclairage à distance. "Google Container Engine fournit l'infrastructure qui permet à notre pont d'éclairage de se connecter à une multitude d'applications et d'appareils", explique George Yianni. "Il offre une infrastructure ultra-performante et flexible grâce à laquelle nous pouvons faire évoluer des composants de manière indépendante pour une efficacité maximale."

Philips Hue utilise également la [plate-forme de gestion d'API Apigee](#) pour gérer ses API Container Engine et Kubernetes.

"Avec l'aide de Google Cloud Platform, nous sommes en train de changer le modèle économique fondamental de la vente d'éclairage aux consommateurs. Nous proposons une nouvelle gamme de services basés sur la valeur qui transforment le domicile, au lieu de simplement remplacer les ampoules grillées", explique George Yianni.

ENTREPRISE

Philips Lighting

SECTEUR D'ACTIVITÉ

Produits et services industriels

À PROPOS

Philips Lighting est un leader mondial des produits, systèmes et services d'éclairage dont les innovations ouvrent de nouvelles perspectives commerciales et offrent une expérience utilisateur riche qui facilite la vie. Au service des professionnels et des particuliers, Philips s'appuie sur l'Internet des objets pour transformer domiciles, bâtiments et espaces urbains.

CONCLUSION

Aujourd'hui, les entreprises ont la possibilité d'offrir une nouvelle valeur ajoutée à leurs clients, plus rapidement et plus efficacement qu'auparavant. Pour la première fois, trois facteurs déterminants sont réunis d'une manière accessible à toutes les entreprises :

- La **technologie cloud** sert de point de départ à une informatique plus rapide, moins chère et plus efficace.
- Les **API** permettent aux entreprises de passer moins de temps à réinventer des fonctionnalités standards et plus de temps à innover. Les données et les processus intéressants d'une entreprise peuvent à leur tour être proposés à d'autres, ce qui donne lieu à de nouvelles opportunités commerciales.
- Les **conteneurs** introduisent des pratiques logicielles basées sur l'ouverture, ce qui contribue à accélérer la vitesse de développement et permet aux organisations de ne pas dépendre d'un fournisseur spécifique. Les plates-formes de gestion de conteneurs comme Kubernetes offrent aux entreprises une base cohérente sur laquelle elles peuvent créer et déployer des applications, localement ou dans des clouds privés et publics.

Depuis ses débuts, Google repousse les limites de l'informatique distribuée pour mieux servir ses utilisateurs. Nous proposons des applications aux utilisateurs selon une approche qui se traduit par des performances et une fiabilité constantes. Ayant déjà rencontré et résolu les problèmes techniques les plus difficiles, Google Cloud est une plate-forme complète sur laquelle les entreprises actuelles peuvent baser leurs initiatives numériques critiques.

Nous sommes impatients de collaborer avec vous, d'ingénieur à ingénieur, alors que vous transformez ce qui est possible pour vos clients dans les environnements numériques d'aujourd'hui. [Contactez-nous](#) pour obtenir des conseils et découvrir comment l'expérience de Google Cloud dans la création de systèmes ouverts et connectés peut aider votre entreprise.

DÉCOUVREZ LES AVANTAGES QUE PEUT APPORTER GOOGLE CLOUD

À VOTRE ENTREPRISE.

Espace de stockage
et bases de données

Solutions pour le
Big Data

Machine learning et
intelligence artificielle

REMARQUES

1. À la question "Quelles étaient vos principales raisons d'adopter des services cloud ?", les décideurs en matière de logiciels de grandes entreprises mondiales ont cité "une évolutivité simplifiée" (33 %) et "une gestion et une flexibilité améliorées de l'infrastructure informatique" (31 %) comme principales raisons pour l'adoption de services de cloud public. Voir l'enquête *Global Business Technographics® sur les logiciels menée par Forrester* en 2016.
2. En février 2017, Gartner prévoit que le marché mondial des services de cloud public atteindra un total de 383,4 milliards de dollars américains. Voir Goasduff, Lawrence et Pettey, Christy, "Gartner Says Worldwide Public Cloud Services Market to Grow 18 Percent in 2017", Gartner, 22 février 2017 ([lien](#)).
3. À la question "Quels sont les défis que vous avez rencontrés/pensez rencontrer lors du déploiement/de l'utilisation de plates-formes ou d'environnements cloud multiples ?", 22 % des participants d'entreprises mondiales ont cité "la migration des applications et des données entre les différents clouds" comme défis rencontrés lors de l'utilisation d'un cloud hybride. Voir l'enquête *Global Business Technographics® sur les infrastructures menée par Forrester* en 2016.
4. "Build with Google Cloud", Google, 2017 ([lien](#)).
5. "x86", Wikipédia ([lien](#)).
6. L'utilisation de conteneurs pour "emballer" ou conteneuriser d'anciennes applications existantes offre quelques avantages, comme la possibilité de réduire la complexité en exploitant les abstractions des conteneurs. Ces derniers suppriment les dépendances aux services d'infrastructure sous-jacents, ce qui réduit la complexité de gestion de ces plates-formes. Il est donc possible d'abstraire l'accès aux ressources, comme le stockage, de l'ancienne application elle-même. Procéder ainsi rend l'application portable, mais accélère également la refactorisation des applications existantes, étant donné que les conteneurs gèrent une grande partie de l'accès aux ressources cloud natives. Voir Linthicum, David, "From Containers to Microservices: Modernizing Legacy Applications", TechBeacon ([lien](#)).
7. De Gmail à YouTube en passant par la recherche, tout chez Google s'exécute dans des conteneurs. La conteneurisation permet à nos équipes de développement d'évoluer vite, de déployer des logiciels efficacement et de travailler à une échelle sans précédent. Chaque semaine, nous lançons plus de deux milliards de conteneurs. Au cours de la dernière décennie, nous avons beaucoup appris sur l'exécution de charges de travail en conteneurs en production, et nous avons partagé ces connaissances avec la communauté au fur et à mesure, qu'il s'agisse des premiers travaux sur la fonctionnalité cgroups du noyau Linux ou des conceptions de nos outils internes mises à disposition en Open Source dans le cadre du projet Kubernetes. Nous avons rassemblé cette expertise dans Google Cloud Platform afin que les développeurs et les entreprises de toute taille puissent exploiter facilement les dernières innovations en matière de conteneurs. Voir "Containers at Google", Google Cloud Platform, 2017 ([lien](#)).
8. Les réseaux de centres de données de Google offrent une vitesse sans précédent à l'échelle de bâtiments entiers. Ils sont construits de manière modulaire et constamment mis à niveau pour répondre à la demande insatiable en bande passante de la dernière génération de serveurs. Ils sont gérés de façon à garantir leur disponibilité et répondent aux conditions de certains des services Internet et des clients les plus exigeants. Surtout, nos réseaux de centres de données sont une infrastructure partagée. Cela signifie que ce sont les mêmes réseaux qui alimentent l'ensemble des infrastructures et des services internes de Google, et Google Cloud Platform. Nous sommes très fiers d'ouvrir cette fonctionnalité aux développeurs du monde entier, afin que le service Internet ou la plate-forme à succès de demain puisse tirer parti d'une infrastructure réseau de pointe sans avoir à l'inventer. Voir Vahdat, Amin, "A Look Inside Google's Data Center Networks", blog de Google Cloud Platform, 17 juin 2015 ([lien](#)).

9. Pour plus d'informations sur Kubernetes, la plate-forme de gestion de conteneurs de Google, voir la charte de la Cloud Native Computing Foundation ("CNCF"), Fondation Linux, 28 mars 2017 ([lien](#)).
10. Le système Borg de Google est un gestionnaire de clusters qui exécute des centaines de milliers de tâches, à partir de plusieurs milliers d'applications différentes, dans divers clusters, chacun pouvant compter des dizaines de milliers de machines. Il obtient un taux d'utilisation élevé en combinant le contrôle d'admission, le regroupement efficace des tâches, le surengagement et le partage des machines à l'isolation des performances au niveau des processus. Il est compatible avec les applications haute disponibilité grâce à ses fonctionnalités d'exécution qui accélèrent la récupération en cas de panne et à ses règles de planification qui réduisent les risques d'échecs corrélés. Borg simplifie la vie de ses utilisateurs en proposant un langage déclaratif de spécification des tâches, l'intégration de services de noms, la surveillance des tâches en temps réel ainsi que des outils d'analyse et de simulation du comportement du système.
Voir Verma, Abhishek et al, "Large-Scale Cluster Management at Google with Borg", Google, 2015 ([lien](#)).
11. Pour plus d'informations sur cette publication, voir Cerf, Vinton G. et Kahn, Robert E., "A Protocol for Packet Network Intercommunication", *IEEE Transactions on Communications*, 5 mai 1974 ([lien](#)).
12. Pour connaître la définition de Web Services Architecture, ainsi que des composants fonctionnels et de leurs relations, voir le compte-rendu du groupe de travail W3C. Il s'agit d'un compte-rendu de groupe de travail public publié par le groupe Web Services Architecture de W3C, qui fait partie de la Web Services Activity de W3C. Voir "W3C Working Group Note", groupe de travail Web Services Architecture de W3C, 11 février 2004 ([lien](#)).
13. Les études de Google montrent que si les résultats de recherche sont ralentis d'une simple fraction de seconde, les utilisateurs font moins de recherches (c'est un vrai constat : un retard de 400 millisecondes entraîne une baisse de 0,44 % du volume de recherches). Cette impatience ne se limite pas à la recherche : quatre internautes sur cinq abandonnent si une vidéo met du temps à charger. Pourtant, même si la capacité d'attention humaine est devenue remarquablement instable, une grande partie du Web reste lente. En moyenne, une page Web prend 4,9 secondes à charger. Dans un monde où chaque fraction de seconde compte, cela représente une éternité. Voir Hoezle, Urs, "The Google Gospel of Speed", *think with Google*, Google, janvier 2012 ([lien](#)).
14. Un grand bouleversement est en train de se produire autour de la conception de produits numériques. Pendant longtemps, il a existé une délimitation claire entre les logiciels métier (souvent appelés logiciels d'entreprise ou B2B) et les logiciels grand public (B2C, ou simplement "produits"). Cette distinction est de moins en moins pertinente. Voir Kolko, Jon, "Make Enterprise Software People Actually Love", *Harvard Business Review*, 12 février 2015 ([lien](#)).
15. Un "effet de réseau". Voilà comment les spécialistes des plates-formes appellent le cycle au cours duquel un écosystème de développeurs attire davantage d'utilisateurs finaux, qui attirent à leur tour davantage de développeurs (et ainsi de suite). Les effets de réseau génèrent souvent des courbes de croissance en forme de crosse de hockey, comme celles de Windows et d'iOS. Voir Kirschner, Bryan, "Survival of the Fittest: Platforms Beat Products", *CIO*, IDG, 8 octobre 2015 ([lien](#)).
16. Les API Web sont l'objet du dernier buzz, mais les API ne sont ni un concept nouveau, ni propre à l'informatique distribuée d'aujourd'hui. Les API étaient utilisées avec des langages procéduraux bien avant l'informatique personnelle, et elles étaient généralement fournies sous forme de bibliothèques (leur utilisation remonte aux années 1960). La séparation entre l'utilisateur et la mise en œuvre de la fonction était permise, mais les bibliothèques créaient quand même de fortes dépendances entre le consommateur et le producteur de l'API. Voir Frye, Alan, "A Bit of API History", Benefitfocus, 15 avril 2015 ([lien](#)).
17. Pour plus d'informations sur l'utilisation de la SOA pour améliorer des portefeuilles d'applications, voir Altman, Ross et Knoernschild, Kirk, "SOA and Application Architecture Key Initiative Overview", Gartner, 12 juin 2013 ([lien](#)).

18. D'après Forrester Research, l'intégration des fonctionnalités et des données des clients dans une plate-forme flexible qui permet aux parties prenantes et aux développeurs de mettre en place facilement de nouvelles expériences est précisément la valeur unique que le service informatique devrait fournir. Pour plus d'informations sur la valeur commerciale des écosystèmes numériques et les technologies qui les composent, voir Forrester, "Maximize Business Value with Fast, Connected Technology", 15 juillet 2017 ([lien](#)).
19. "APIs", Walgreens ([lien](#)).
20. Schweinfurth, Drew, "WebMD: New Platform Balance Rewards and Prescription API Integration", Walgreens, *adschwein's blog*, 27 avril 2015 ([lien](#)). Schweinfurth, Drew, "Introducing Glow: Now with Walgreens Rx Refill!", Walgreens, *adschwein's blog*, 28 avril 2015 ([lien](#)).
21. "Walgreens, API Management, and the Evangelist's Tool Belt", Apigee, 22 février 2017 ([lien](#)).
22. Les initiatives de transformation numérique se déroulent différemment selon les secteurs d'activité et les organisations, en fonction des besoins spécifiques des entreprises. Pour plus d'informations à l'usage des responsables techniques et informatiques sur l'utilisation de l'organisation des produits en tant que catalyseur de la transformation numérique dans les entreprises de différents secteurs d'activité et sur l'impact de cette décision sur l'amélioration des relations avec les clients, voir Forrester "Vertical Needs Set the Course for Digital Product Transformations and Strategies", 7 juin 2017 ([lien](#)).
23. Pour plus d'informations sur la dette technique comme motivation pour refactoriser les applications, voir Ward Cunningham, "Debt Metaphor", vidéo YouTube, 4:44, 2009 ([lien](#)).
24. Dans une étude mesurant le temps de démarrage moyen des conteneurs Docker et des VM, le temps de démarrage moyen d'un conteneur Docker était de 1,5 seconde, tandis que celui d'une VM était de 11,48 secondes. Voir Seo, Kyoung-Taek et al, "Performance Comparison Analysis of Linux Container and Virtual Machine for Building Cloud", *Advanced Science and Technology Letters* 66, 2014 ([lien](#)). Owen Rogers et Jay Lyman de 451 Research indiquent également ce qui suit : "D'après 451 Research, les conteneurs sont plus à même que la virtualisation matérielle traditionnelle, du moins théoriquement, de conduire à un coût total de possession inférieur. En fait, nous avons constaté que des économies de ressources à deux chiffres sont réalisables, même avec des mesures relativement simples." Voir Butler, Brandon, "Which Is Cheaper: Containers or Virtual Machines?", *NetworkWorld*, IDG, 29 septembre 2016 ([lien](#)).
25. Toutes les organisations disposent d'une politique qui préconise l'achat ou le développement des logiciels. Cependant, une politique ne peut pas être adaptée à toutes les situations, et des options intermédiaires, comme l'emprunt (logiciels Open Source) ou la location (Software as a Service), sont disponibles. Pour plus d'informations sur les consignes que les organisations peuvent adopter concernant l'acquisition de logiciels afin de prendre des décisions adaptées à leurs principes d'architecture, à leurs exigences et à leurs contraintes, voir Richard and Thomas, Anne, "Decision Point for the Build vs. Buy Software Sourcing Decision", Gartner, 3 juillet 2012 ([lien](#)).
26. Pour plus d'informations sur les moyens d'éviter ou de réduire l'impact de la dépendance à un fournisseur spécifique sans refuser d'utiliser ses services IaaS à forte valeur ajoutée, voir Kavis, Mike, "Don't Let Vendor Lock-In Fears Devalue Your Cloud Initiative", *Forbes*, 21 janvier 2016 ([lien](#)).
27. Pour les applications basées sur des microservices, les développeurs peuvent faire leur choix parmi un large éventail de conteneurs généralisés et spécialisés et de services de plates-formes cloud afin de mieux mettre en œuvre chaque microservice. Pour plus d'informations sur les avantages commerciaux de la création d'une architecture orientée services à l'aide de conteneurs et de plates-formes cloud, voir Forrester, "Designing Microservice Apps for Containers and Cloud Platforms", 27 juillet 2017 ([lien](#)).



© 2017 Google Inc.
1600 Amphitheatre Parkway, Mountain View, CA 94043, États-Unis