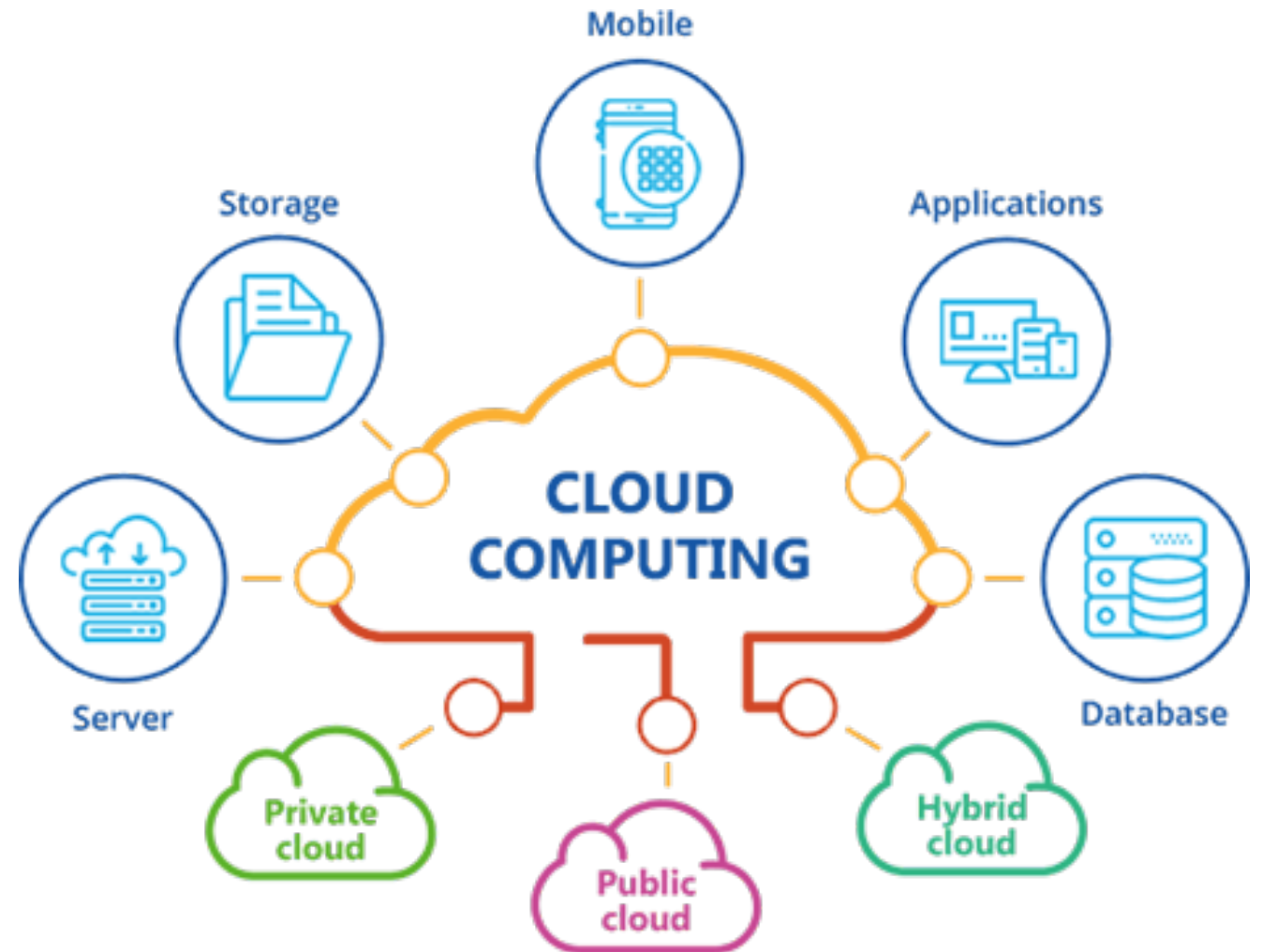


Chapitre 2

Cloud Computing



Dr Afef Bohli & Dr Naourez Mejri

2021-2022

Introduction

- ❑ Le terme anglicisme cloud computing est très utilisé
- ❑ En français, on trouve aussi
 - informatique en nuage, informatique dans le nuage
 - informatique virtuelle,
 - informatique dématérialisée
 - stockage dans les nuages,
 - stockage à distance
 - nuagique
 - ou encore infonuagique (Québec)

Utilisez-vous le cloud computing?

OUI

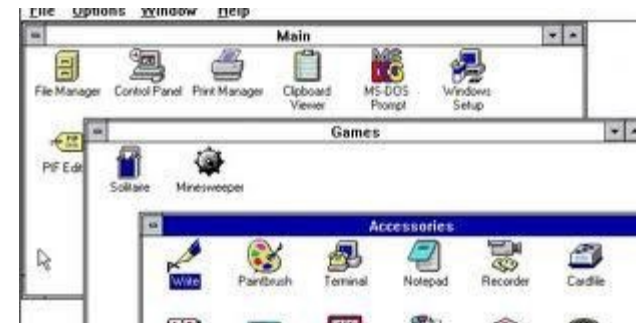


Origines

1990: la première rupture



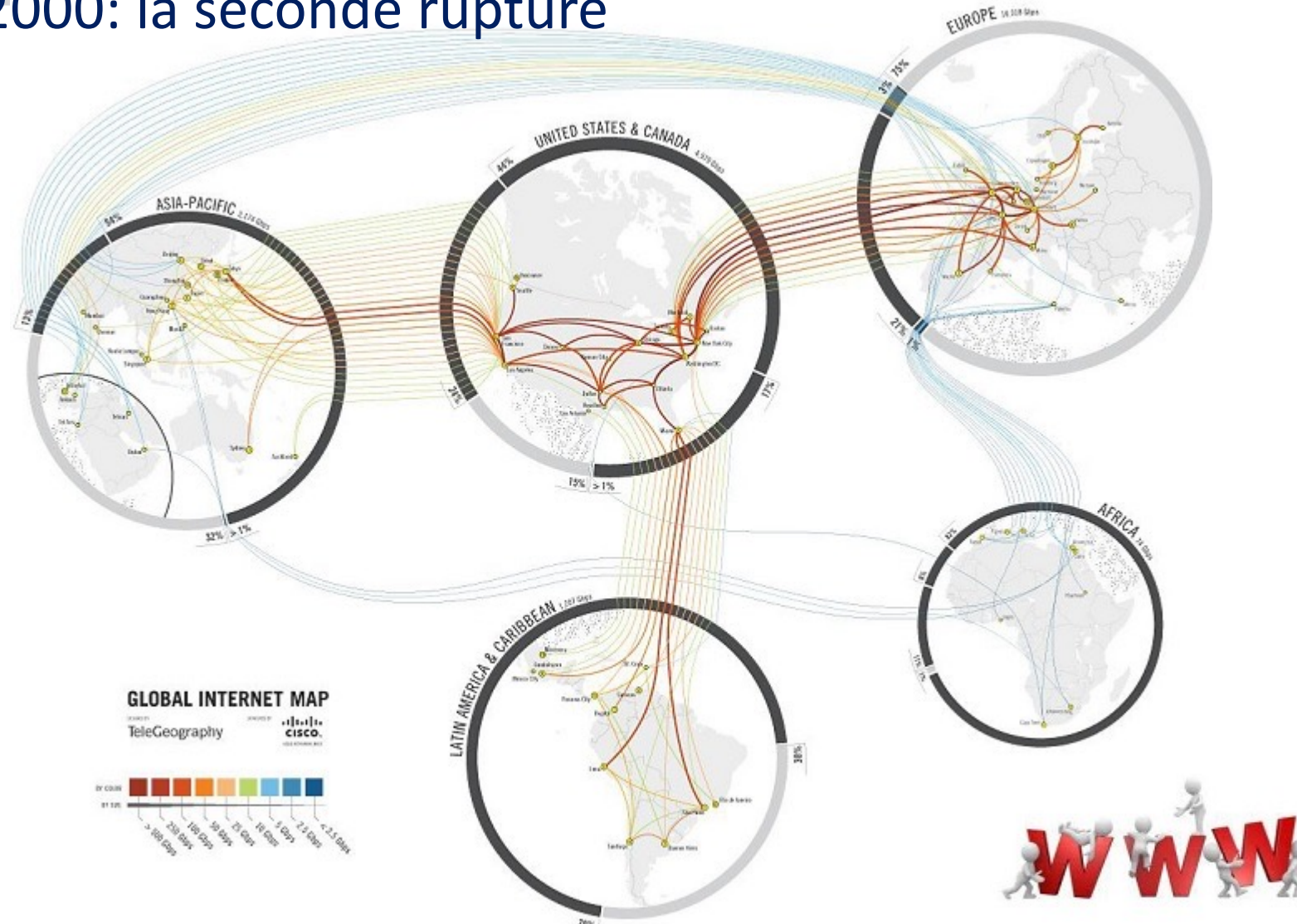
Le PC
(l'ordinateur personnel)



Le concept du multi fenêtrage (Windows) et de la souris.

Origines

2000: la seconde rupture



L'internet (le Web ou la toile informatique).

Origines

2010: la troisième rupture



Le Cloud Computing (le Nuage informatique).

Historique

1999 : Un des pionniers du Cloud Computing était **Salesforce.com**, qui a introduit le concept de la livraison d'applications d'entreprise (CRM) via un site web simple.



2002 : **Amazon Web Services** fournissant des services de stockage et de calcul



2006 : Amazon's **Elastic Compute cloud (EC2)** comme un service Web commercial qui permet aux petites entreprises et aux particuliers de louer des ordinateurs sur lesquels ils exécutent leurs propres applications

Historique

2006 : Google Docs



2009 : Tournant décisif dans l'évolution de Cloud Computing, avec l'arrivée d'applications d'entreprise de cloud basé sur un navigateur



Historique



2009 : Microsoft entre dans le cloud computing avec le lancement de Windows Azure (plate-forme de cloud)

2010 : Office 365 a été annoncé



Le cloud est-il vraiment nouveau?



1960 : John McCarthy dit que “*computation may someday be organized as a public **utility**.*”

1990 : **Grid computing**, une idée pour permettre l'accès à une puissance de calcul aussi simple que l'accès à un réseau électrique



Le cloud est-il vraiment nouveau?

NON

- ❑ La technologie n'est pas nouvelle
- ❑ Cloud Computing est un mot à la mode utilisé (marketing) pour reconditionner les anciennes technologies qui existent depuis des décennies.

OUI

- ❑ Nouveau modèle de consommation et de prestation de service.
- ❑ Self-service et auto-gestion sont nouveaux:



Définitions

□ Grid computing

- Se réfère à des environnements de ressources mises en commun pour l'exécution de tâches de calcul (comme le traitement des images) plutôt que les processus de fonctionnement longs (comme un serveur de site Web ou d'e- mail).

□ Utililty computing

- Se réfère à des environnements de ressources mises en commun d'hébergement pour les processus en cours d'exécution longs, et tend à se concentrer sur les niveaux de service rassemblés avec la quantité optimale de ressources nécessaires pour le faire.

□ Cloud computing

- Se réfère à une variété de services disponibles sur Internet qui offrent des fonctionnalités de calcul sur l'infrastructure du prestataire de services.
- Son environnement (infrastructure) peut effectivement être soit hébergé sur un environnement informatique de type grille ou utilitaire, mais cela est sans importance pour un utilisateur du service.
- Les données (data) dans le cloud, en tant que "Intel inside" (ou intelligence interne), est souvent une part importante des services.

Cloud computing

- ❑ Cloud computing: besoin de 3 composants principaux
 - Clients légers
 - Grid computing: relier des équipements pour former une grande infrastructure et exploiter les ressources non utilisées
 - Utility computing: paiement à l'utilisation (sur des serveurs partagés).



IT classique vs Cloud

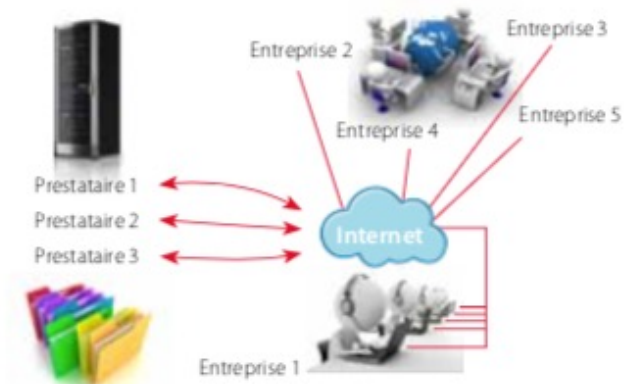
IT Classique

- ❑ Approvisionnement manuel
- ❑ Matériel dédié
- ❑ Capacité fixe
- ❑ Payer pour la capacité
- ❑ Frais de ressources et d'exploitation
- ❑ Géré par les administrateurs systèmes



Cloud

- ❑ Approvisionnement automatique
- ❑ Matériel partagé
- ❑ Capacité élastique
- ❑ Payer pour l'utilisation
- ❑ Frais d'exploitation
- ❑ Géré via APIs

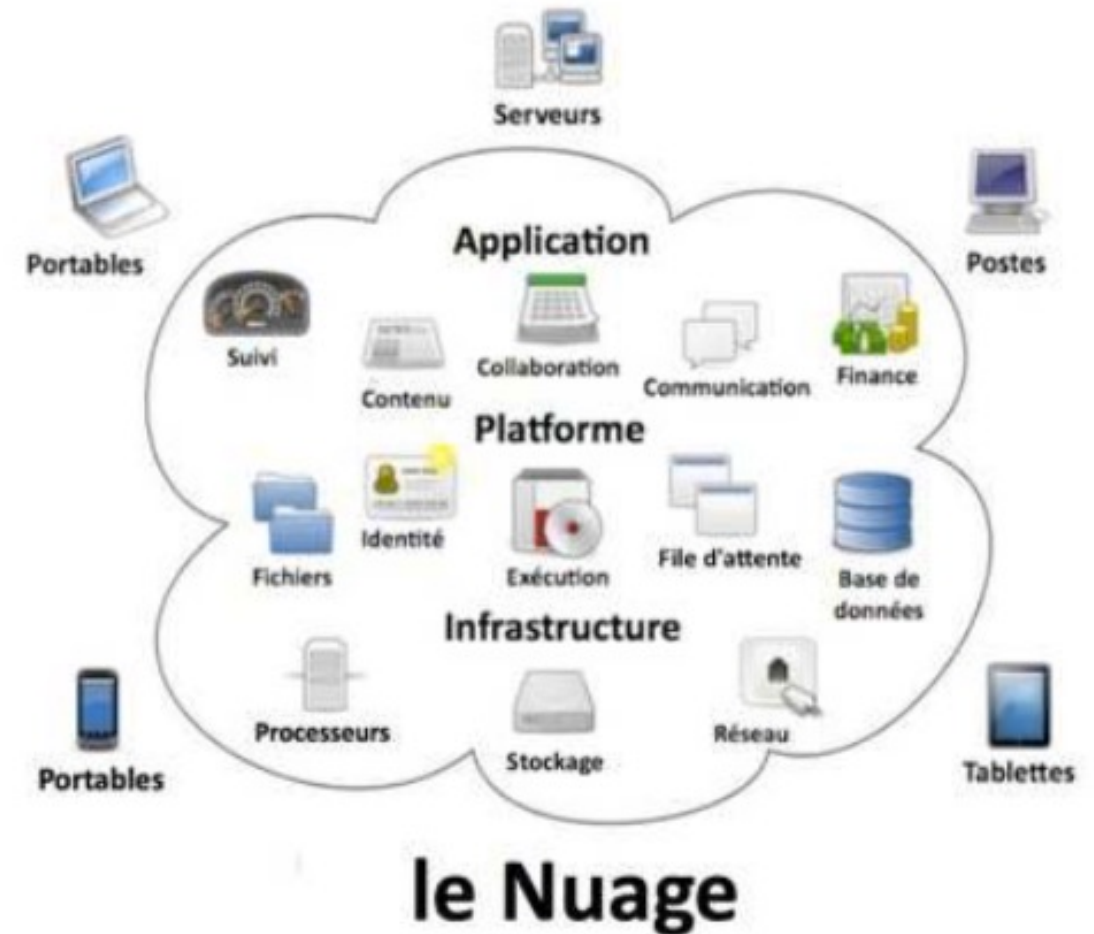


Définitions

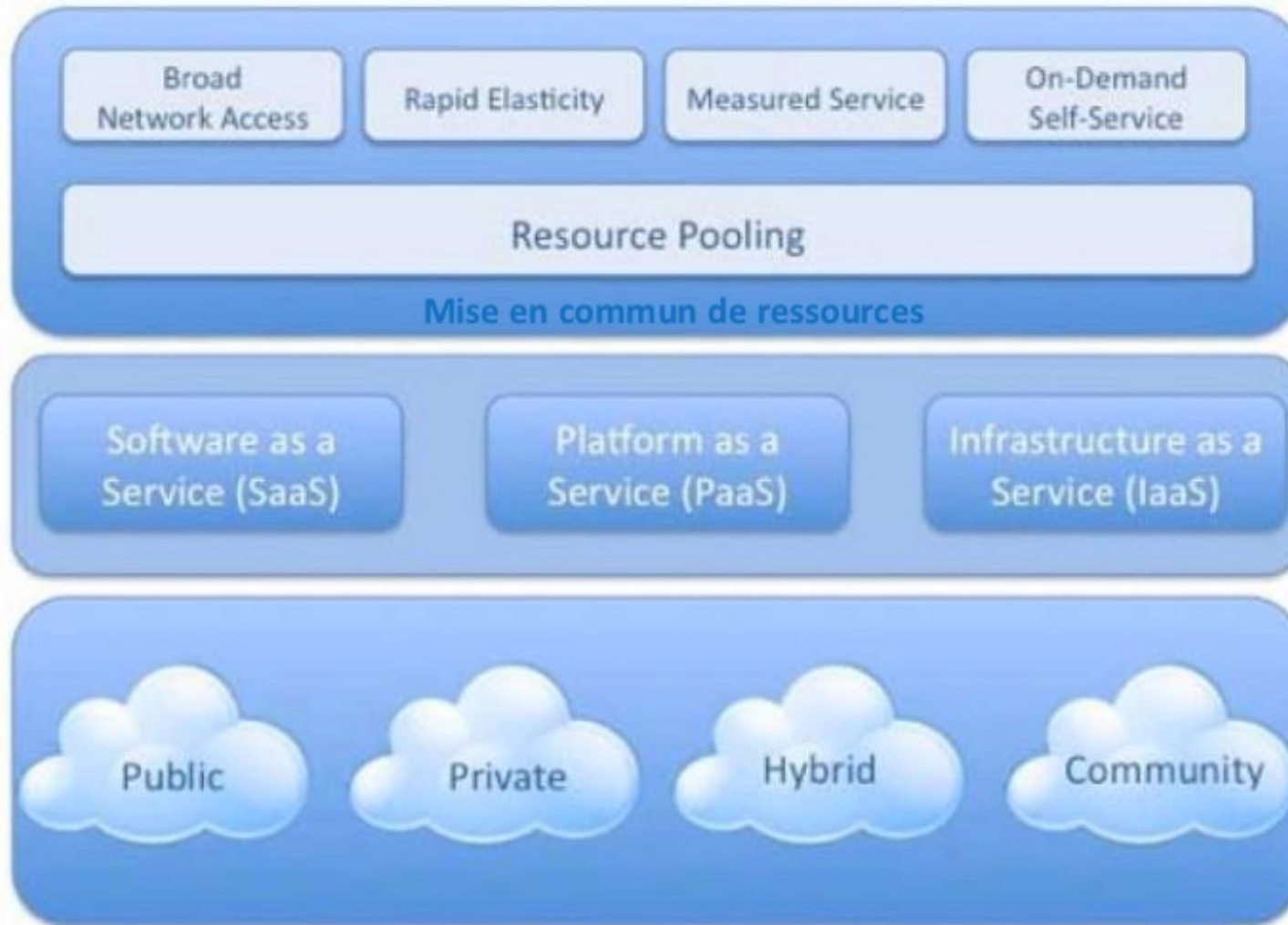
- ❑ “Le **Cloud Computing** est un modèle permettant un accès simple, à la demande à un ensemble de ressources informatiques partagées et configurables “, NIST
 - Délocalisation de l'infrastructure informatique
- ❑ Ressources:
 - Equipements réseaux, serveurs, stockage, applications et services
 - Peuvent être rapidement approvisionnées et publiées avec un effort minimal de gestion ou interaction avec le prestataire de service.

Définitions

- ❑ Point de vue économique
 - Le cloud computing est essentiellement une offre commerciale d'abonnements économiques à des services externes.
 - Basculement de tendance : au lieu d'obtenir de la puissance de calcul par acquisition de matériel et de logiciel, le consommateur se sert de puissance mise à disposition par un ou des fournisseur(s) via Internet.



Cloud-Modèles



Caractéristiques essentielles

Modèles de services

Modèles de déploiement



Caractéristiques essentielles

Caractéristiques essentielles

- ❑ 5 caractéristiques principales
 - Un accès en libre-service à la demande
 - Un accès ubiquitaire au réseau
 - Une mise en commun des ressources
 - Une élasticité rapide
 - Un service mesuré en permanence

Caractéristiques essentielles

□ 5 caractéristiques principales

1. Un accès en libre-service à la demande

- Le consommateur peut allouer des ressources automatiquement sans avoir besoin d'une interaction humaine avec le fournisseur cloud

2. Un accès ubiquitaire au réseau

- Disponible à partir de n'importe où avec une connexion Internet en utilisant n'importe quelle plateforme

3. Une mise en commun des ressources

- Les ressources sont extraites d'un réservoir commun

Caractéristiques essentielles

□ 5 caractéristiques principales

4. Une élasticité rapide

- Les ressources peuvent augmenter et diminuer rapidement selon la demande du client
- Totalement automatique

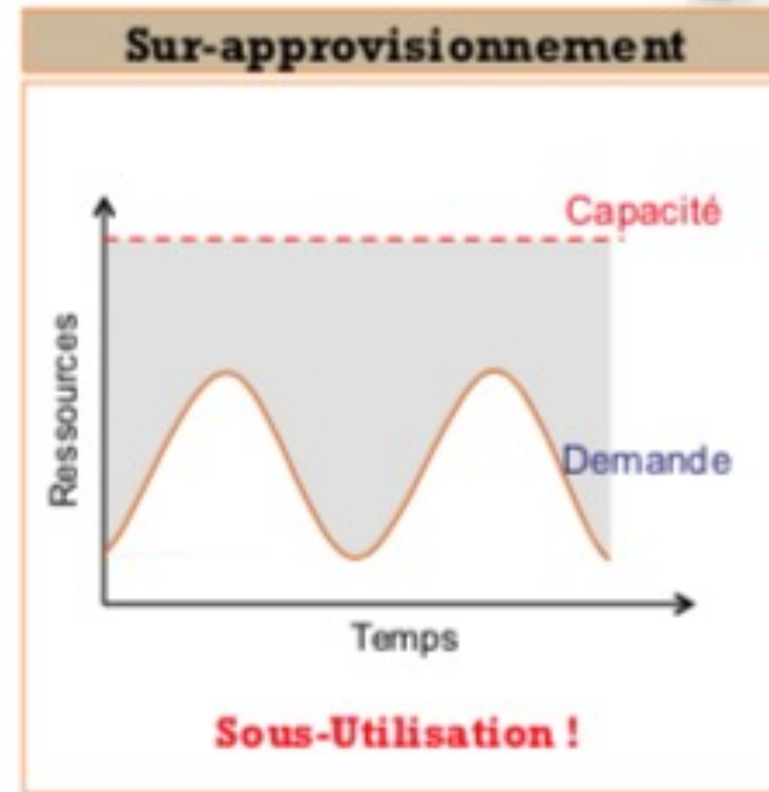
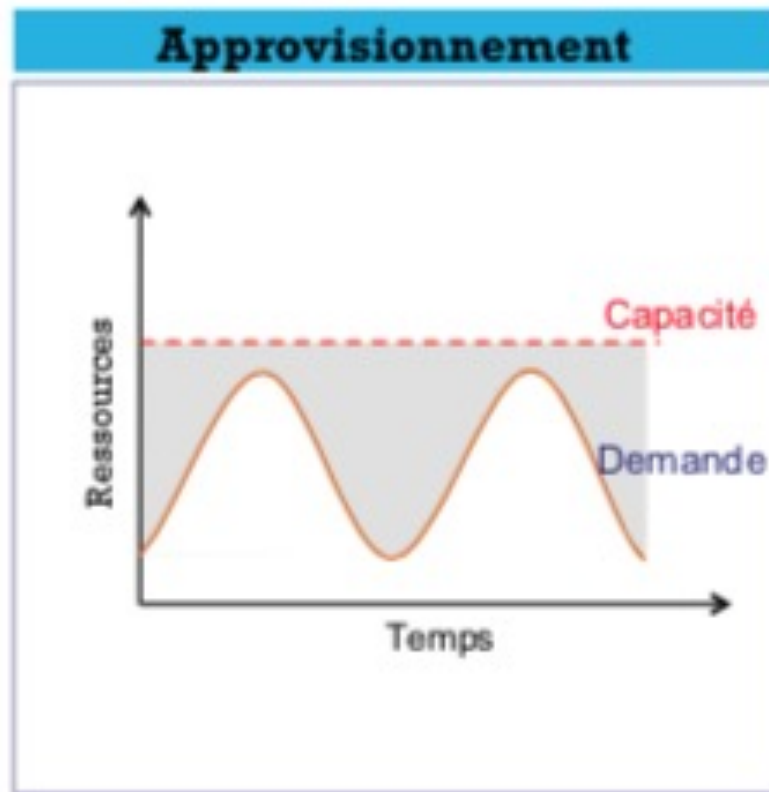
5. Un service mesuré en permanence

- Les services sont facturés
- Les utilisateurs paient seulement le service utilisé
- Les services peuvent être annulés à tout moment



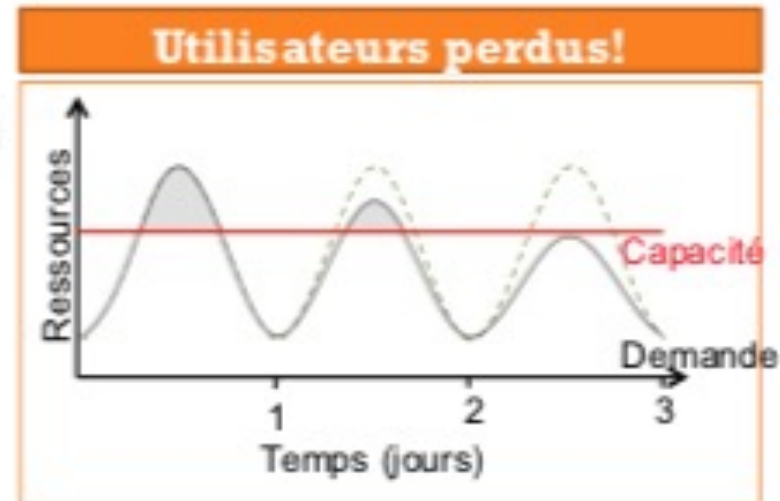
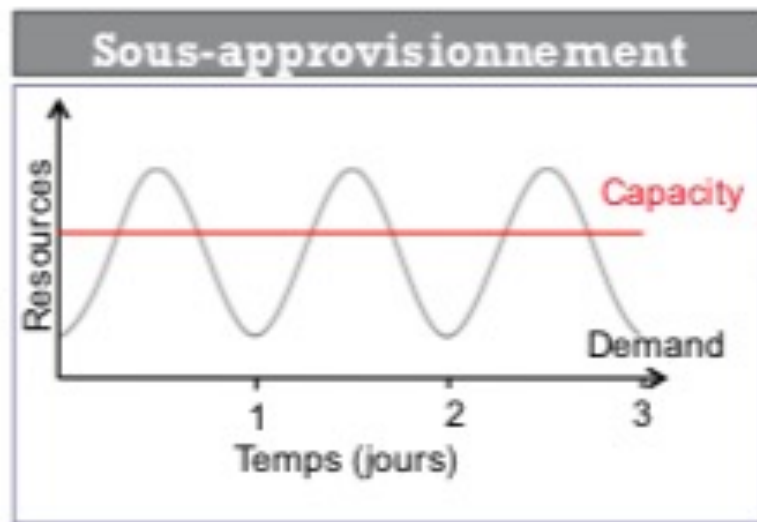
Approvisionnement de ressources

Aprovisionnement de ressources

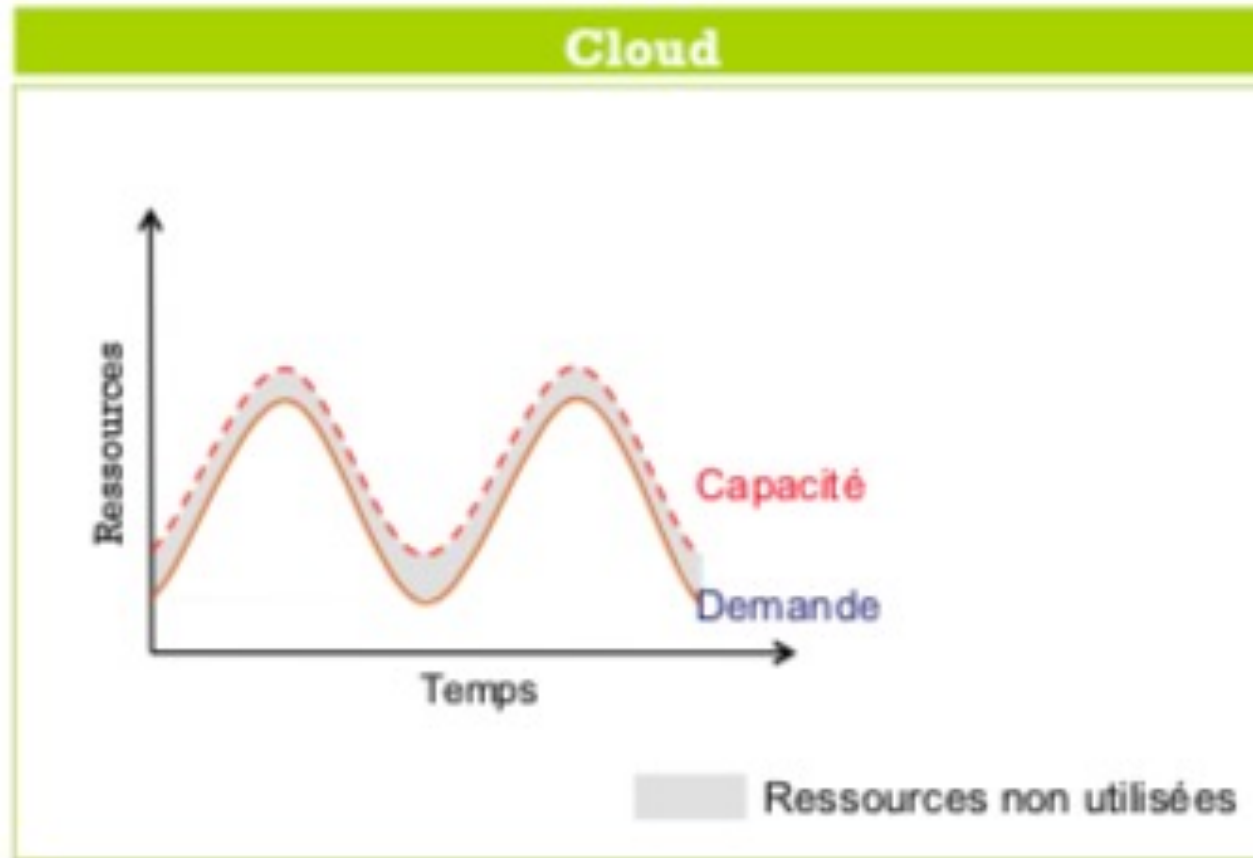


■ Ressources non utilisées

Aprovisionnement de ressources



Aprovisionnement de ressources





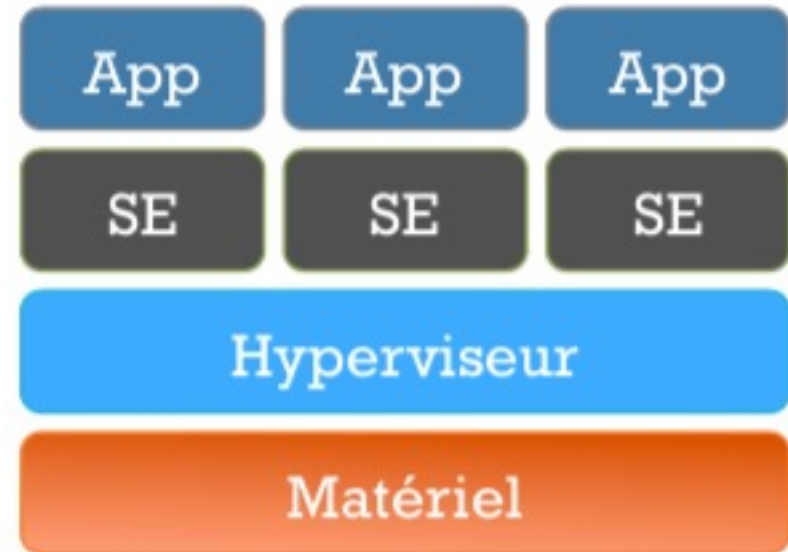
Virtualisation

Virtualisation

- Abstraction des ressources informatiques
 - Une technique pour cacher les caractéristiques physiques des ressources informatiques de la manière dont les systèmes, les applications ou les utilisateurs finaux interagissent avec ces ressources.



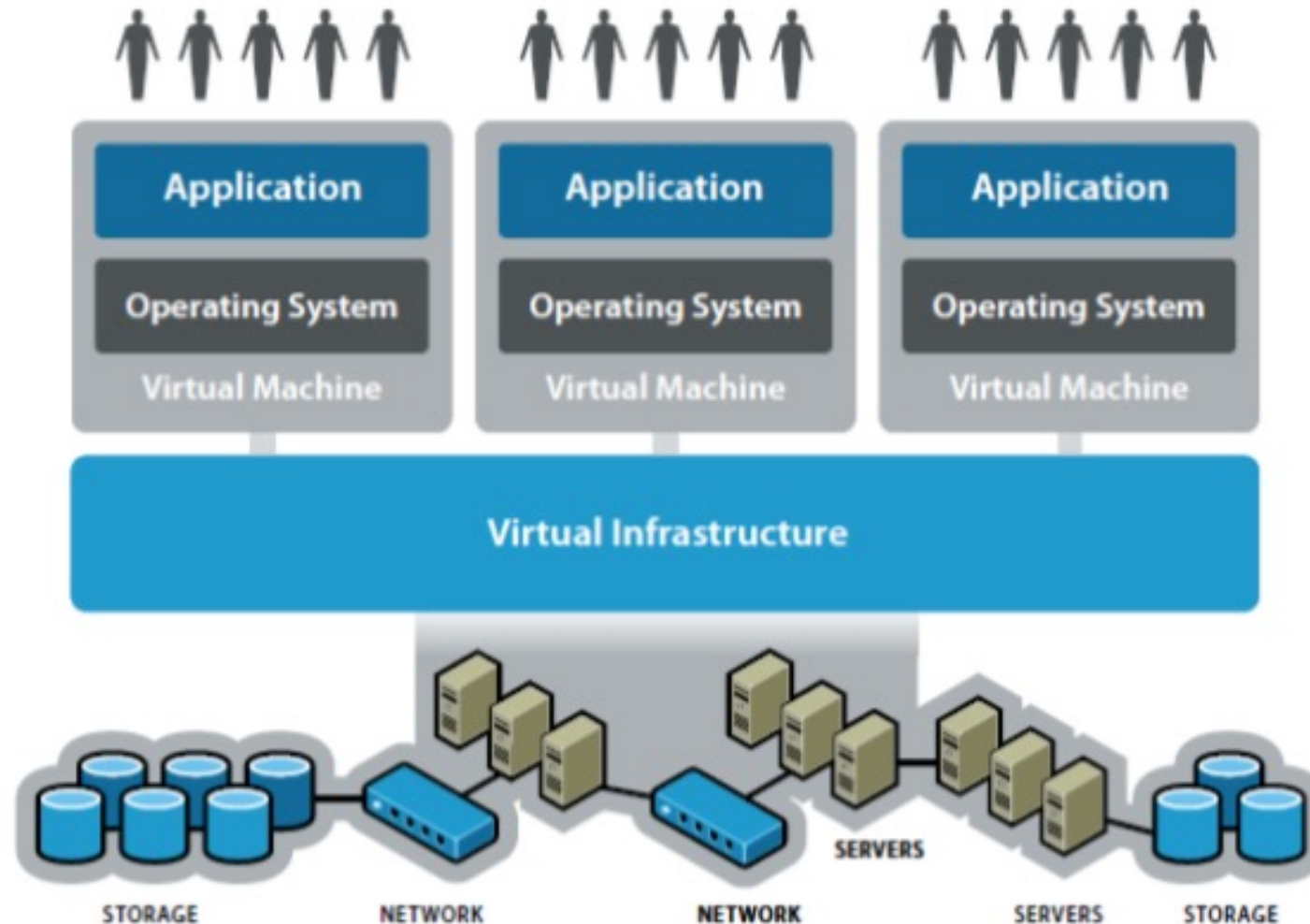
Pile traditionnelle



Pile virtualiséé

Virtualisation

- Ingrédient indispensable pour le Cloud Computing



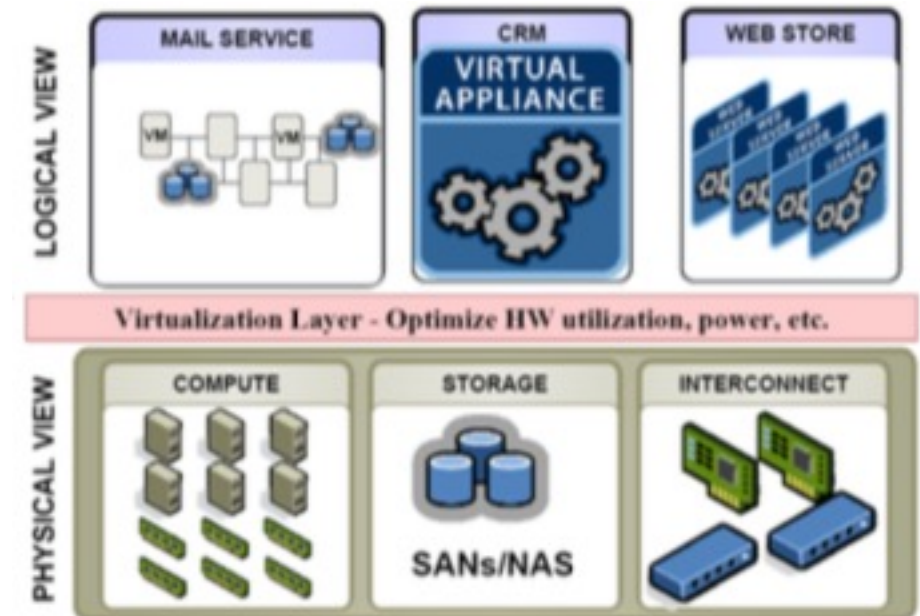
Virtualisation

❑ Abstraction des ressources informatiques

- Une technique pour cacher les caractéristiques physiques des ressources informatiques de la manière dont les systèmes, les applications ou les utilisateurs finaux interagissent avec ces ressources.

▶ Objectifs

- ▶ **Abstraction** : simplifier l'utilisation de la ressource sous-jacente.
- ▶ **Réplication** : créer plusieurs instances de la ressource.
- ▶ **Isolation** : séparer les utilisations des clients des ressources sous-jacentes.



Multi-tenancy

Tenant unique

- ❑ Chaque client a sa propre instance de logiciels
- ❑ Nécessite un ensemble dédié des ressources pour répondre aux besoins d'un seul client

Multi-tenant

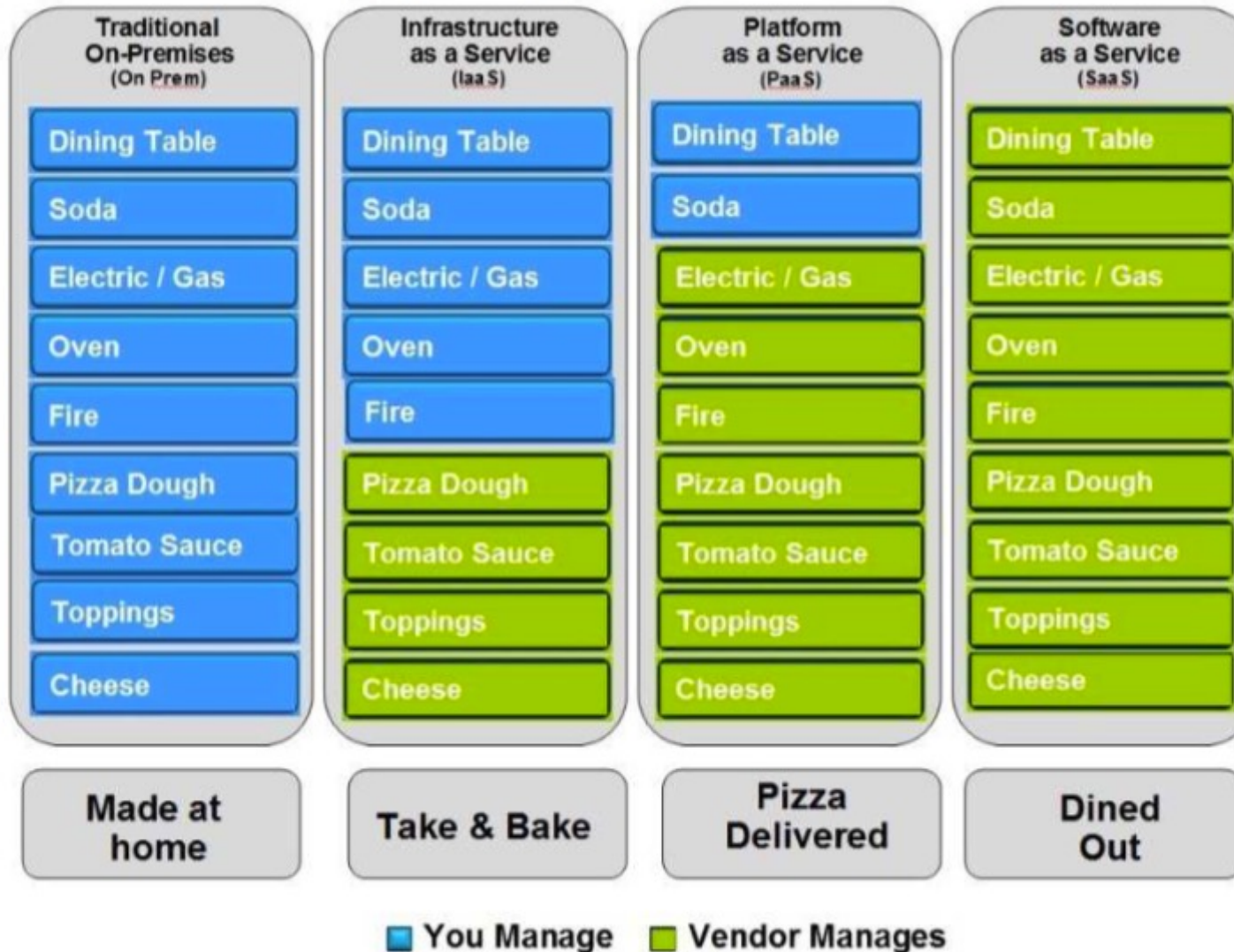
- ❑ Plusieurs clients (locataires) partagent la même application, sur le même matériel, avec le même mécanisme de stockage de données
- ❑ De manière analogue aux utilisateurs exécutant des applications diverses sur le même système d'exploitation
- ❑ Partager les coûts de gestion et de matériel entre un certain nombre de locataires.

- ▶ Multi-tenants est la technologie fondamentale que le cloud utilise pour partager les ressources informatiques de manière rentable et en toute sécurité chez les locataires (entreprises, organisations, ...)
- ▶ Le cloud utilise la virtualization pour isoler les tenants,
- ▶ On ne peut pas accéder aux données des autres tenants



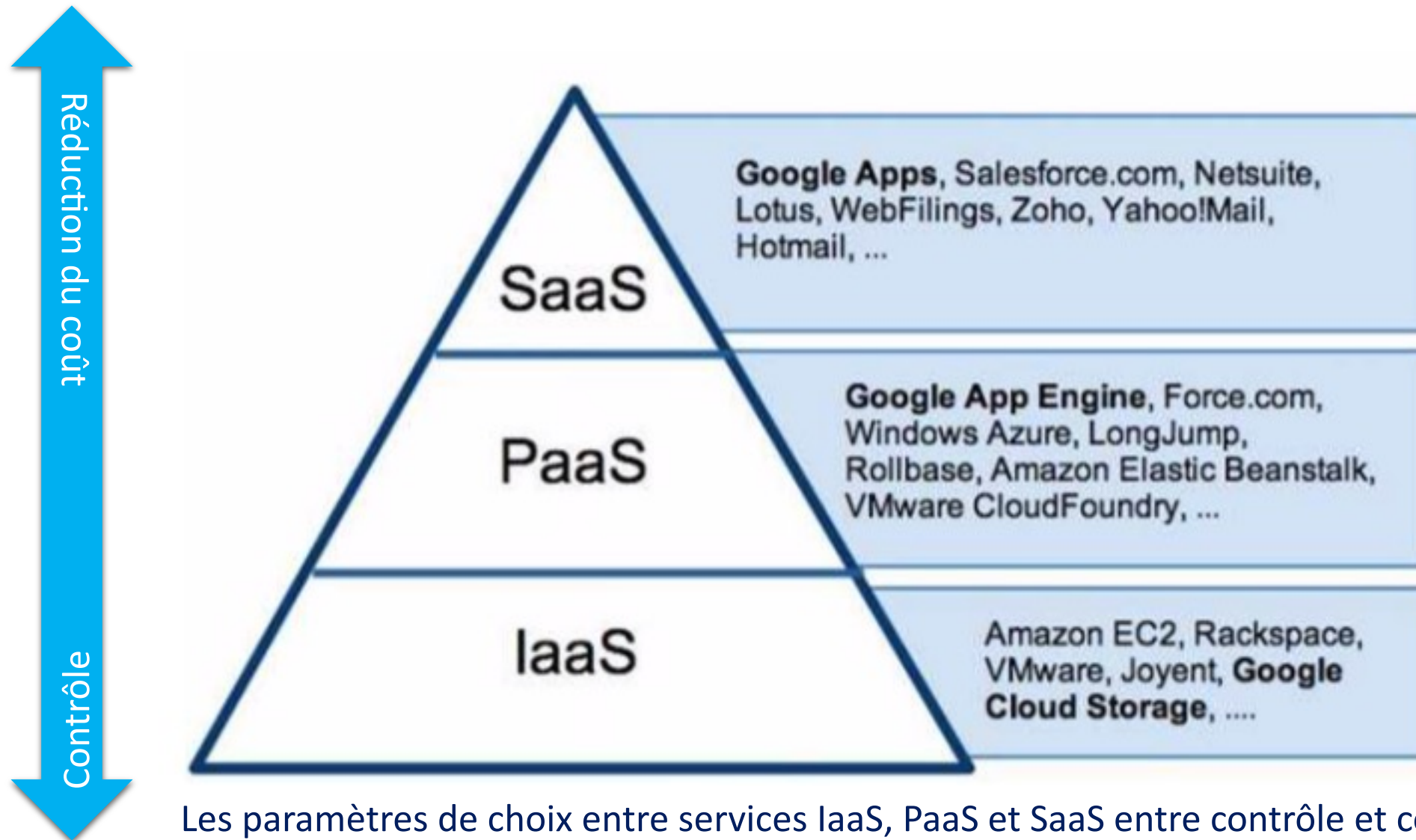
Modèles de services

Pizza as a Service



L'image du *service de livraison de pizzas* pour expliquer les services offerts par le Cloud.

Modèles de service



Les paramètres de choix entre services IaaS, PaaS et SaaS entre contrôle et coût-efficacité

Modèles de service

- ❑ **Software as a Service (SaaS)**
 - **Utilisateur final** : a besoin seulement d'utiliser l'application (software)
- ❑ **Platform as a Service (PaaS)**
 - **Développeur d'application** : a besoin d'une API sans implémenter leurs fonctionnements
- ❑ **Infrastructure as a Service (IaaS)**
 - **System Admin**: n'a pas besoin d'acheter des machines s'il peut les louer



- ❑ Premier service, le plus utilisé et connu
- ❑ Applications livrées en tant que service, sur demande, aux utilisateurs finaux sur Internet, via un navigateur
- ❑ Le service comprend le logiciel, le matériel et le support
- ❑ Mises à jour logicielles, des correctifs et autres travaux de maintenance sont effectués par le fournisseur de cloud, et non pas l'utilisateur final
- ❑ Utilisateurs accèdent au service à travers un dispositif autorisé
- ❑ Exemples
 - gmail, facebook, dropbox, office365, picasa.

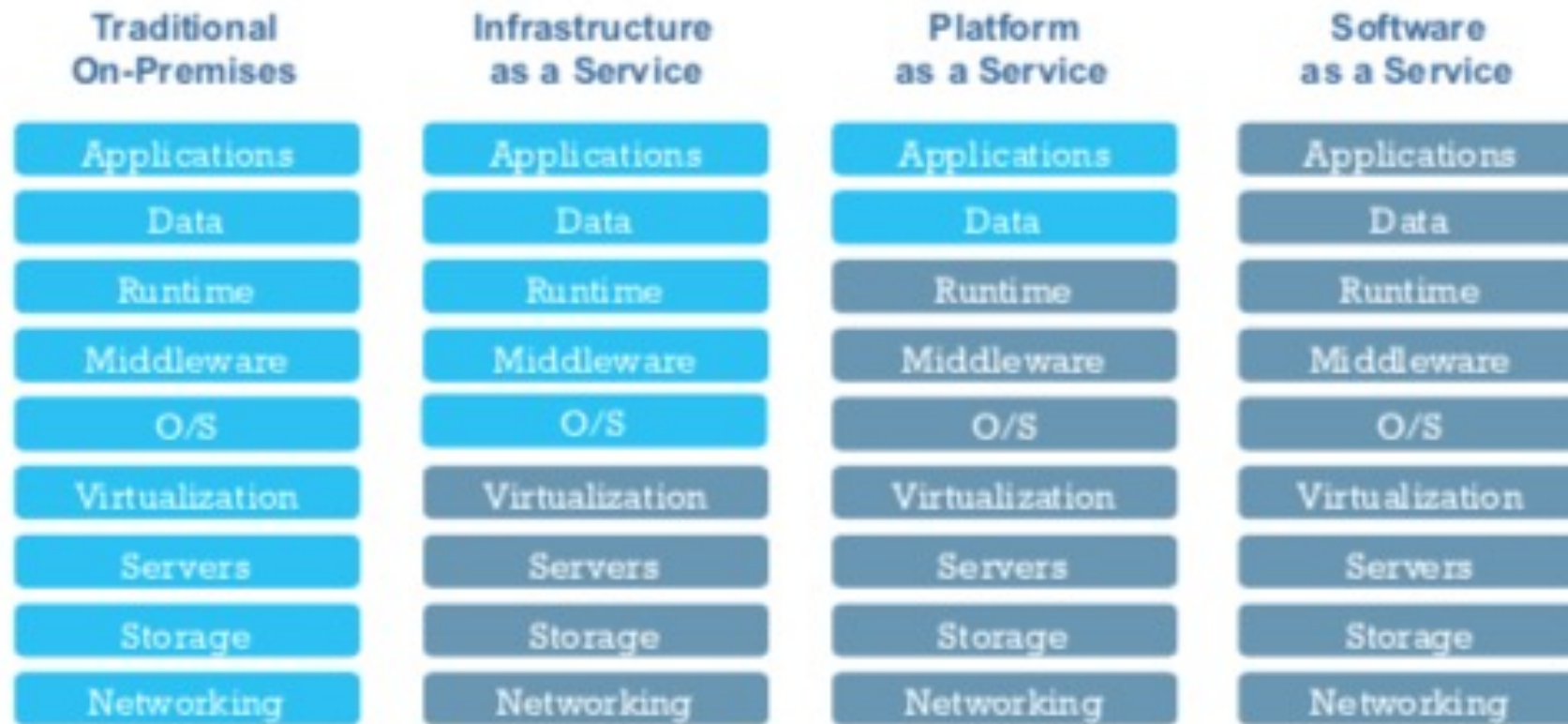
- ❑ Plate-forme de développement utilisé pour les développeurs
- ❑ Un ensemble d'outils et de services conçus pour faire de codage et de déploiement SaaS rapide et efficace
- ❑ Fournit tous les outils nécessaires pour supporter le processus complet de construction et la livraison d'applications Web et les services, tous disponibles sur Internet.
- ❑ Délivre une plateforme informatique y compris le système d'exploitation, l'environnement d'exécution de langage de programmation, base de données et serveur Web
- ❑ Permet la création d'applications web rapidement et facilement et sans la complexité de l'achat et la maintenance des logiciels et de l'infrastructure
- ❑ Permet un développement rapide à faible coût
- ❑ **Exemples**
 - Google App Engine, OpenShift (Redhat), Bluemix (IBM), Azure Cloud (Microsoft), Heroku.

▣ Caractéristiques

- Services permettant de développer, tester, déployer, héberger et maintenir des applications dans le même environnement de développement intégré (IDE). Tous les services nécessaires au processus de développement de l'application.
- Les outils de création d'interface utilisateur basés sur le Web aident à créer, modifier, tester et déployer différents scénarios d'interface utilisateur.
- Architecture multi-locataire où plusieurs utilisateurs simultanés utilisent la même application de développement
- Évolutivité intégrée des logiciels déployés, y compris l'équilibrage de la charge et le basculement. n Intégration aux services Web et aux bases de données via des normes communes.
- Outils pour gérer la facturation et la gestion des abonnements

- ❑ Délivre l'infrastructure de cloud computing, serveurs, stockage, réseaux et systèmes d'exploitation, comme un service à la demande.
- ❑ Service entièrement externalisé: plutôt que d'acheter des serveurs, des logiciels, de l'espace de centre de données ou équipements de réseau, les clients achètent ces ressources à la demande
- ❑ **Caractéristiques**
 - Les ressources sont distribuées en tant que service
 - Ressources informatiques évolutives
 - Coût variable, modèle de tarification des services publics
- ❑ **Exemples**
 - Amazon EC2, Rackspace, FlexScale, Google Cloud (Compute Engine)

Modèles de services



■ Vendor Manages in Cloud ■ Client Manages

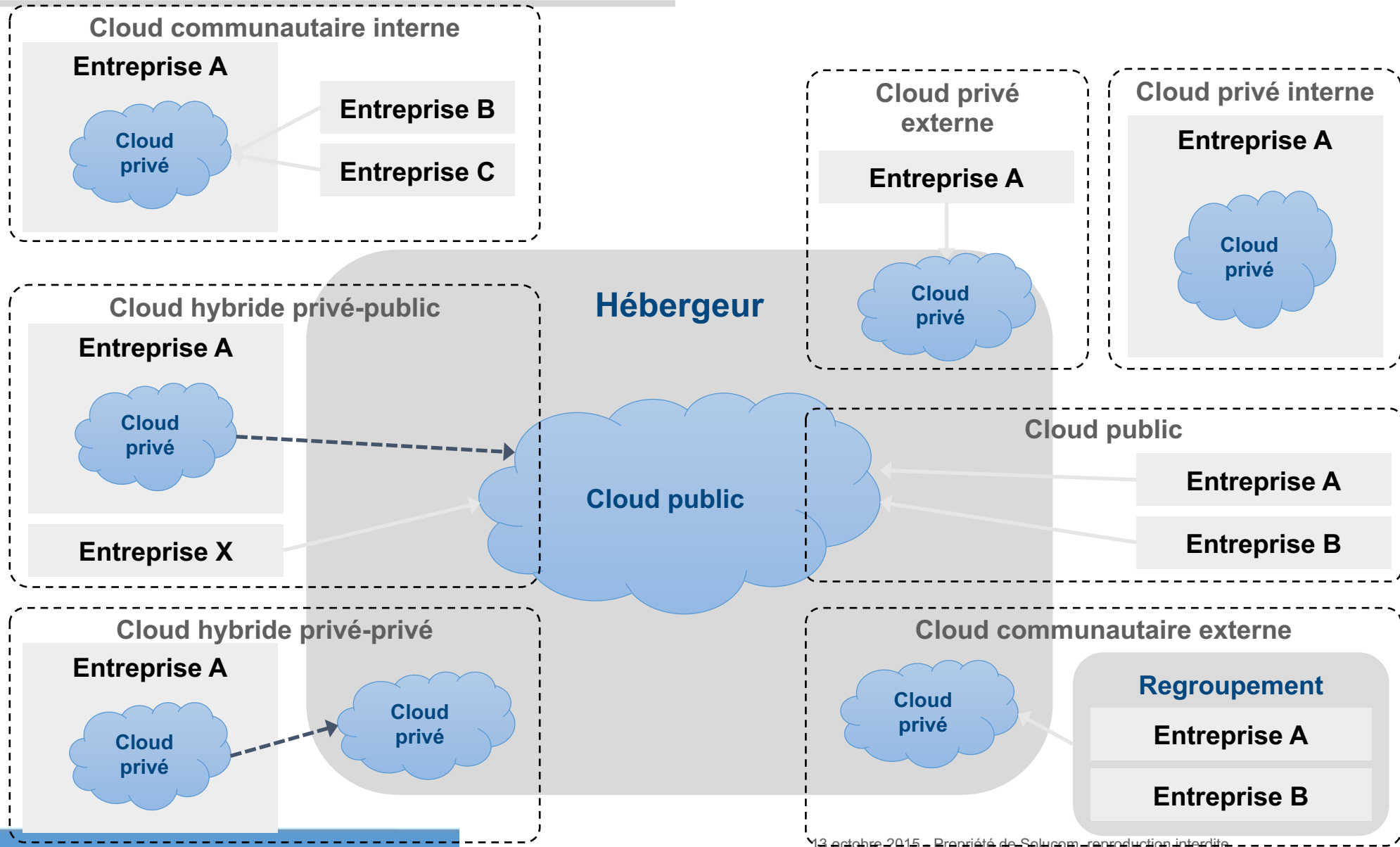


Modèles de déploiement

Modèles de déploiement

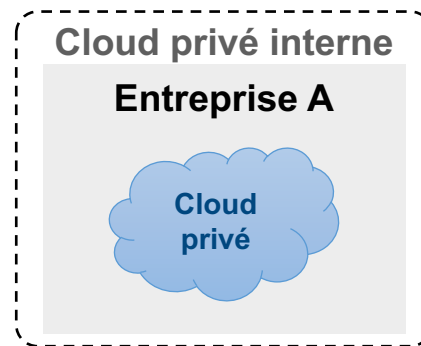
- ❑ 4 modèles de déploiement/hébergement
 - Cloud privé
 - Cloud public
 - Cloud hybride
 - Cloud communautaire
- ❑ Choix du modèle selon ses propres besoins

Modèles de déploiement



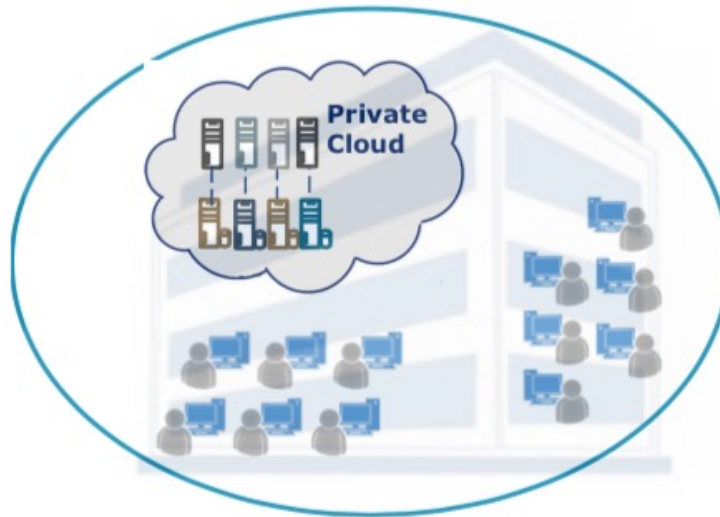
Clouds privés (1/3)

- L'ensemble des ressources est exclusivement mis à disposition d'un seul client.
- Une même infrastructure peut accueillir plusieurs Cloud privés virtuels appartenant à différents utilisateurs, chacun pouvant accéder à son Cloud privé via son propre réseau.



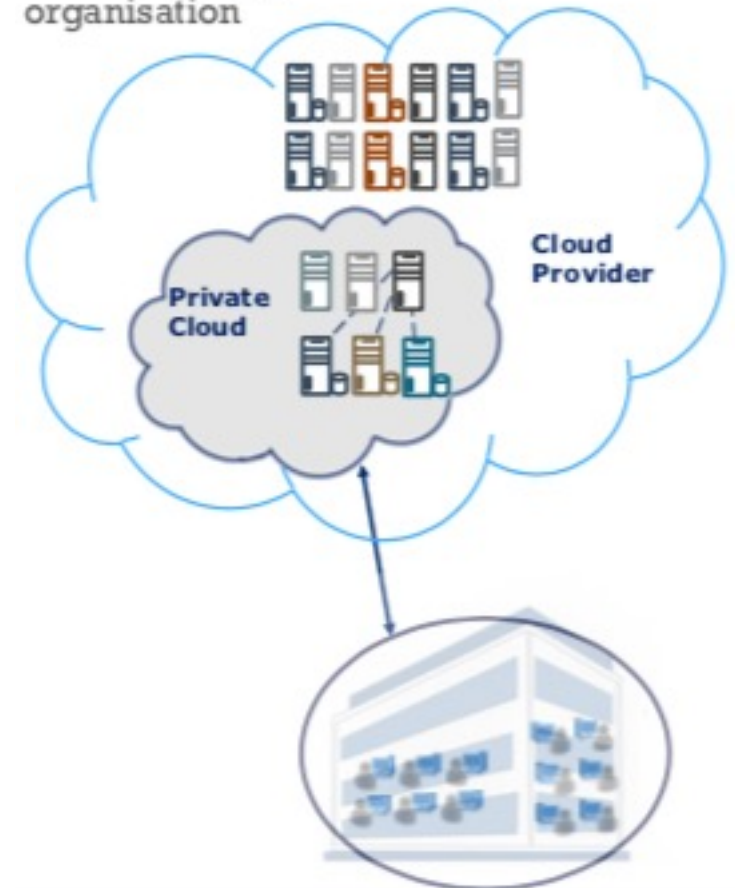
Clouds privés (2/3)

- Il peut être géré par l'entreprise utilisatrice elle-même (on-premises) ou par un prestataire externe (off-premises) qui met à disposition de l'utilisateur un parc de machines s'adaptant à la demande de l'utilisateur (Cloud privé virtuel).



Interne (On-premises) : l'organisation ne veut stocker ses données dans un le cloud pour améliorer l'utilisation de ressource et automatiser la gestion de ces ressources

Externe (off-premises) : l'organisation vise à étendre sa capacité en utilisant un cloud privé exclusif qui est accessible à distance et approvisionné par une autre organisation



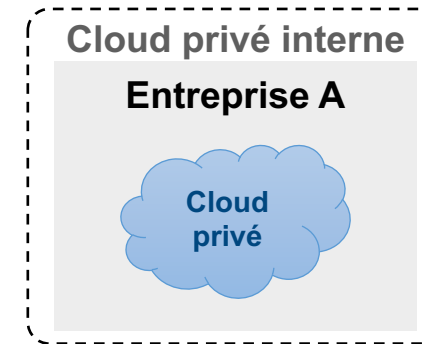
Clouds privés (3/3)

❑ Avantages

- Maîtrise de l'infrastructure
 - Sécurisation adaptée à l'entreprise ;
 - Couplage au SI facilité ;
- Rentabilisation de l'infra existante.
- Faible impact sur les équipes.

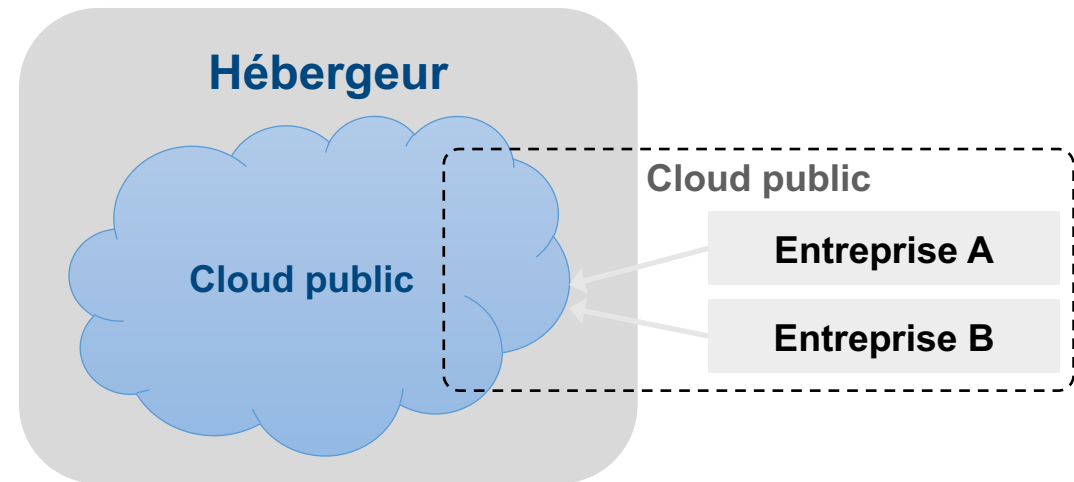
❑ Inconvénients

- Nécessité d'investissements forts ;
 - Construction et MCO de l'infrastructure.
- Maintien de compétences en interne;
- Élasticité moindre (paliers) ;
- Scalabilité limitée (capacity planning);
- Standardisation des technologies requise et parfois difficile.



Clouds publics (1/2)

- Les utilisateurs ont accès à des services Cloud via l'Internet public sans savoir précisément où sont hébergées leurs données ni où sont exécutés leurs traitements.
- Les ressources informatiques et bases de données de l'utilisateur peuvent être hébergées dans n'importe quel « datacenter » du prestataire et peuvent passer d'un datacenter à l'autre pour optimiser les capacités du prestataire.
- C'est le modèle **phare** du cloud. Idéal pour les sites **institutionnels** notamment.



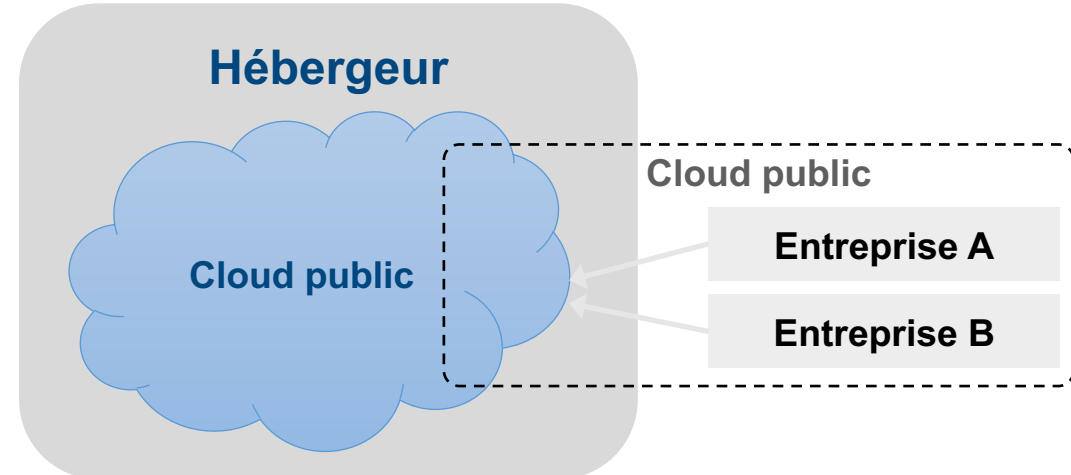
Clouds publics (2/2)

■ Avantages

- Tarification avantageuse (mutualisation, pas de setup cost) ;
- Élasticité forte (paiement à l'usage) ;
- Scalabilité infinie.

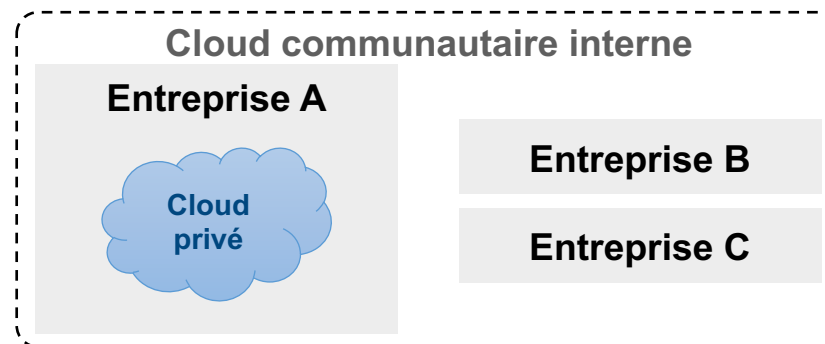
■ Inconvénients

- Contraintes de l'externalisation ;
 - Contractualisation, sécurité, réversibilité, impact organisationnel, etc.
- Couplage sécurisé au SI difficile ;
- Personnalisation inexistante.



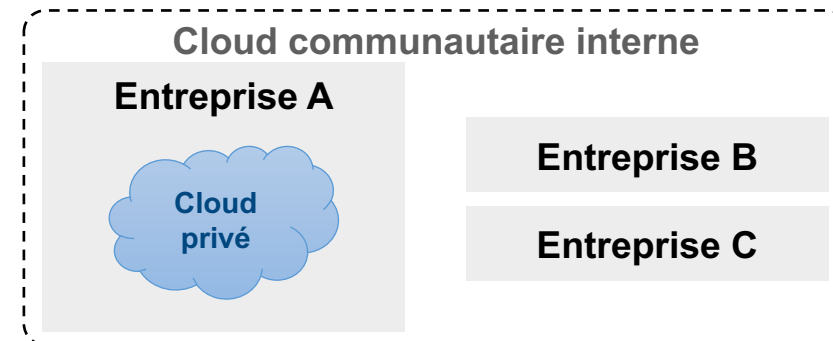
Clouds communautaires (1/2)

- Ils permettent à plusieurs entreprises ou organisations de partager des ressources en mode Cloud, qui sont alors exclusivement dédiées à ces organisations.
- Ils peuvent être gérés par les organisations membres ou par un prestataire externe.
- Ils peuvent également permettre à plusieurs utilisateurs de se constituer un Cloud ayant les caractéristiques d'un Cloud privé en termes de sécurité et de ressources dédiées, à moindre coût et avec un gage d'indépendance vis-à-vis d'un prestataire de Cloud public.



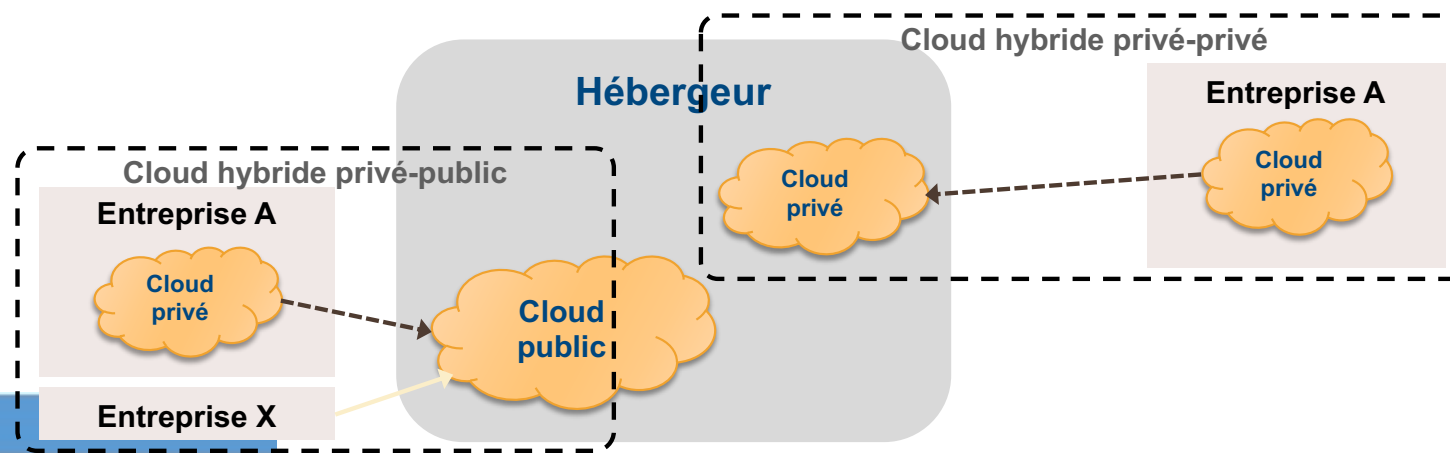
Clouds communautaires (2/2)

- Une entreprise propose des services d'infrastructures à un groupe d'entreprise.
 - En général, il s'agit presque toujours de sociétés d'un même groupe.
- Avantages
 - Adaptation aux besoins du client (objectifs communs) ;
 - Réduction des coûts par la mutualisation ;
 - Mise en commun des compétences.
- Inconvénients
 - Maintien des compétences en interne.
 - Pérennisation de la structure ?



Clouds hybrides (1/2)

- Ils associent à la fois des infrastructures et des Cloud privés et publics.
- Une partie des données ou des infrastructures est gérée en interne par l'entreprise, dans ses locaux ou chez un prestataire et communique avec des ressources Cloud.
- Ils permettent de différencier le lieu de traitement des données selon qu'elles soient stratégiques ou pas : les données sensibles pourront alors être traitées dans les murs de l'entreprise alors que les autres le seront par un Cloud public plus rentable, plus performant.
- Le Cloud public peut également être une solution pour lisser un pic d'activité lorsque les capacités de l'entreprise sont dépassées.



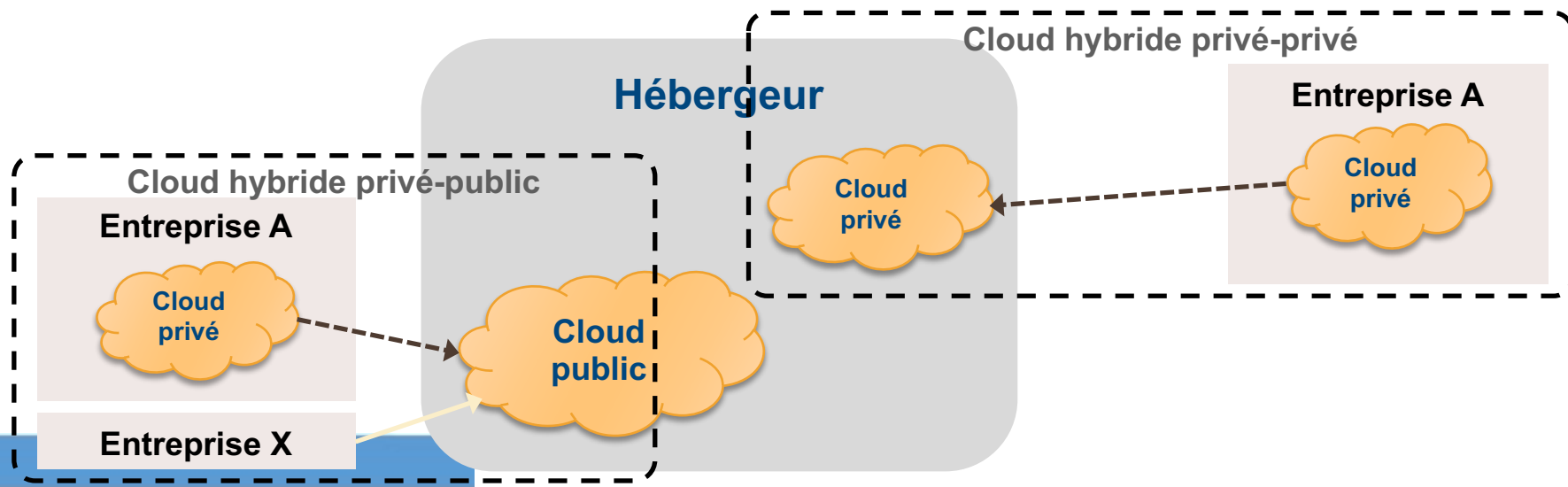
Clouds hybrides (2/2)

□ Avantages

- Réversibilité simplifiée ;
- Scalabilité infinie ;
- Tarification avantageuse ;
- Rentabilisation de l'infrastructure existante.

□ Inconvénients

- Compatibilité technique à garantir ;
- Adhérence technique entre les deux types de cloud complexe à maintenir.



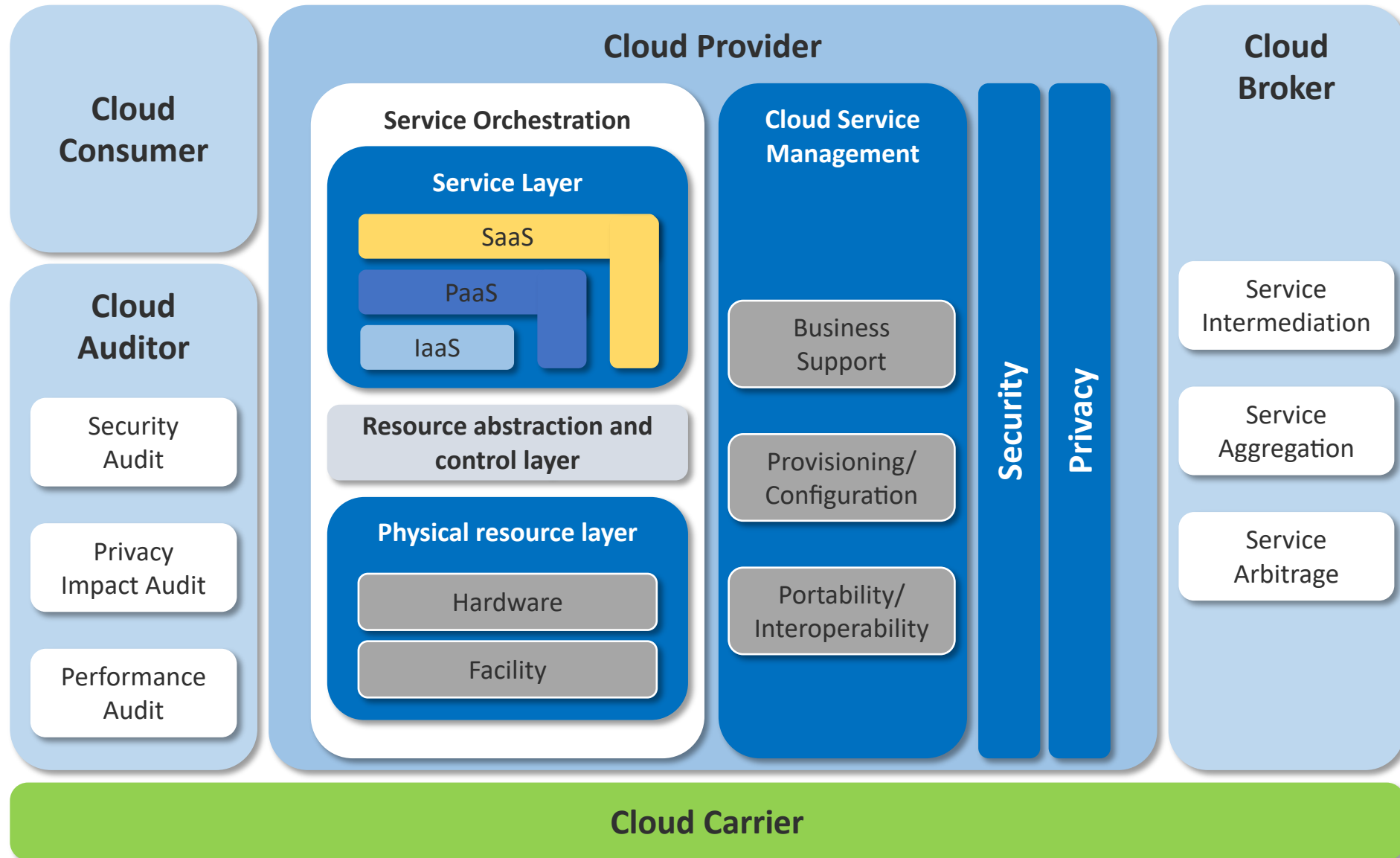
Exemples

Cloud	Privé	Ouvert / Public
Interne	<ul style="list-style-type: none">▪ SaaS : espaces collaboratifs▪ PaaS : développement web ViFiB▪ IaaS : serveurs virtuels à la demande ViFiB, VMware	<ul style="list-style-type: none">▪ SaaS : CMS▪ PaaS : Free Cloud Alliance▪ IaaS : IBM, VMware, Free Cloud Alliance
Externe	<ul style="list-style-type: none">▪ SaaS : Google Apps, Salesforce CRM, Amazon▪ PaaS : Oracle PaaS▪ IaaS : location d'infrastructures virtuelles OVH, Amazon	<ul style="list-style-type: none">▪ SaaS : Facebook, LinkedIn, Google+▪ PaaS : hébergement d'application Windows Azure, plateforme pour mobiles kawet▪ IaaS : Google drive, DropBox, SFR, Orange



Architecture de référence du cloud

Architecture de référence: l'écosystème des acteurs du Cloud



SLA (Service Levels Agreement)

- ❑ SLA est la formalisation d'un accord négocié entre deux parties.
- ❑ C'est un contrat entre clients et fournisseurs.
- ❑ Il met par écrit l'attente des parties sur le contenu des prestations, leurs modalités d'exécution, les responsabilités des parties, les garanties, c'est-à-dire la qualité de service.
- ❑ Par exemple, le SLA peut spécifier les niveaux de disponibilité, de performance, d'opération ou de tout autre attribut du service en question, tel que la facturation voire les pénalités (financières ou autres) en cas de manquement au SLA.

Acteurs Cloud

Cloud Consumer

Consomme les services fournis par les *providers* et/ou les *brokers*.

Cloud Provider

Rend les services disponibles en assurant les fonctions de

- ⇒ **Déploiement** et mise à disposition ;
- ⇒ **Orchestration** des services sur son IT interne ;
- ⇒ **Gestion** & support pour les clients ;
- ⇒ **Sécurité** & confidentialité.



Cloud Auditor

Organisme indépendant qui évalue les *providers* sur plusieurs axes :

- ⇒ Performance ;
- ⇒ Sécurité ;
- ⇒ Respect des contraintes légales (vie privée,...).



Cloud Broker

Intermédiaire pouvant assurer les fonctions suivantes entre le *provider* et le *consumer* :

- ⇒ **Médiation** : Amélioration / adaptation du services aux spécificités du consumer ;
- ⇒ **Agrégation**: Combinaison de plusieurs services pour en fournir un nouveau à valeur ajoutée ;
- ⇒ **Arbitrage**: Choix opportuniste de services en fonction de différents critères (performance, coûts,...).



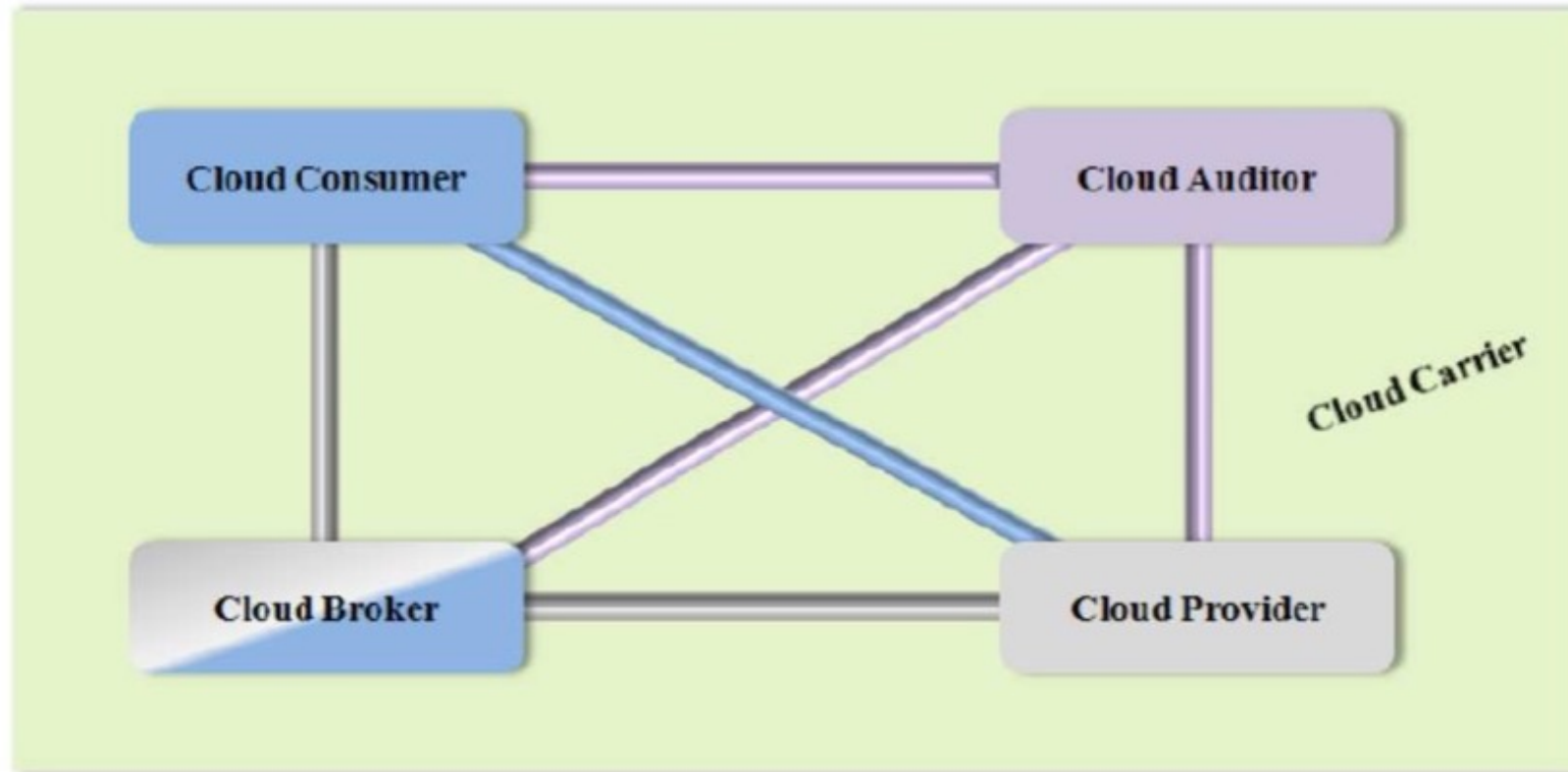
Cloud Carrier




Fourni la connectivité ou le transport des services:

- ⇒ Via un réseau publique, une liaison sécurisé voire dédiée ou par transport physique ;
- ⇒ En s'engageant sur un niveau de services auprès du *consumer* ou du *provider*.

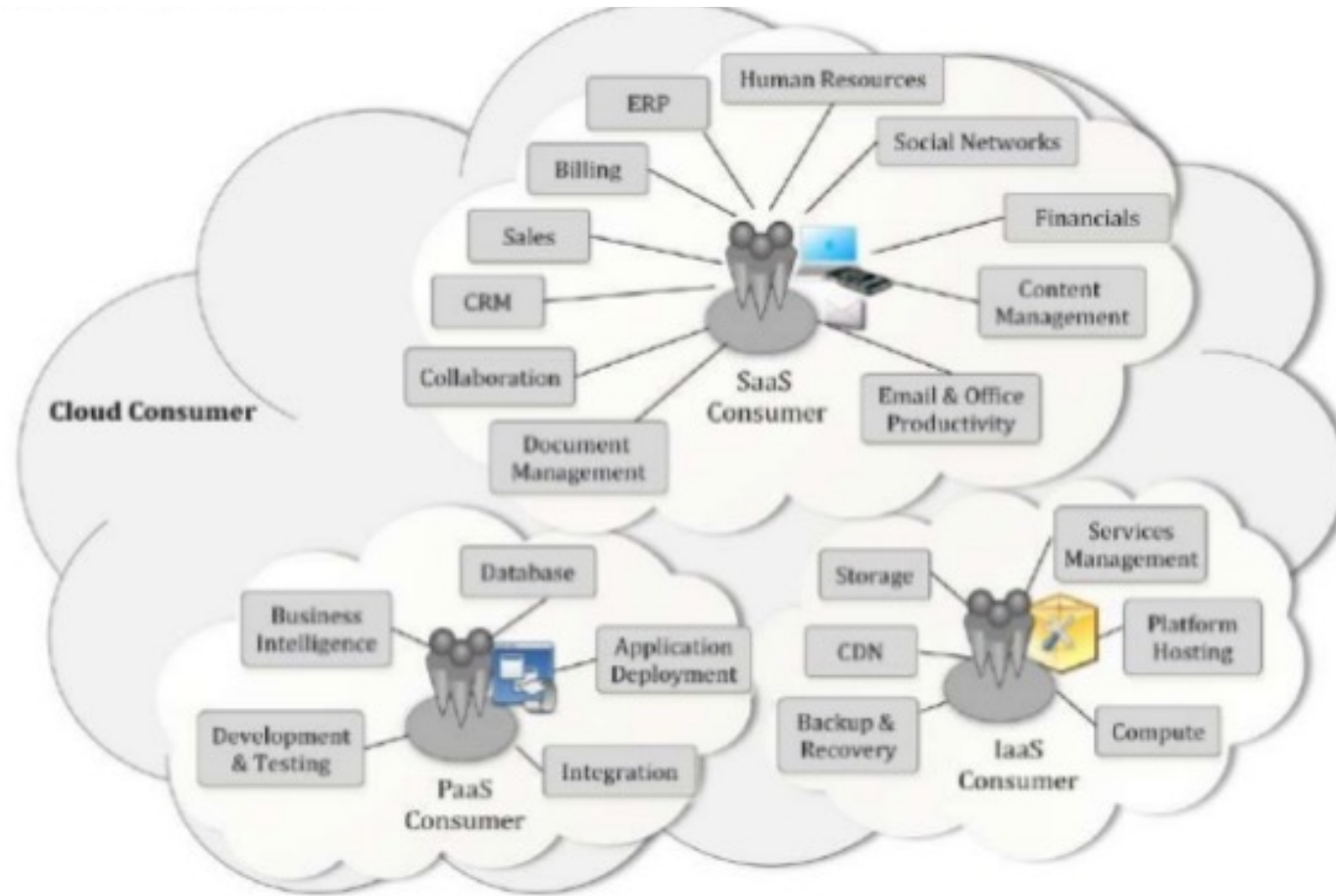


Interfaces entre les différents acteurs



-  The communication path between a cloud provider and a cloud consumer
-  The communication paths for a cloud auditor to collect auditing information
-  The communication paths for a cloud broker to provide service to a cloud consumer

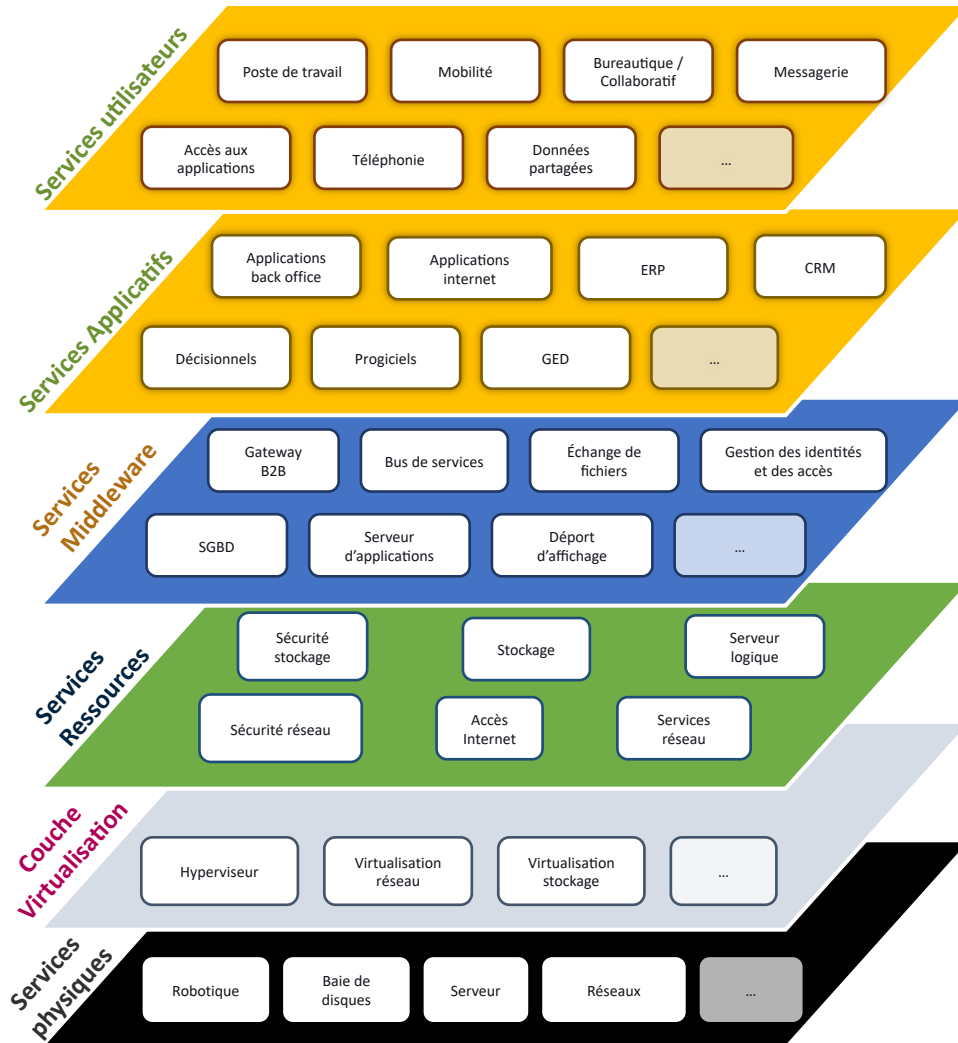
Cloud consumer



Exemples de services
fournis au cloud
consumer

Cloud Providers 1/2

Le SI modélisé par couches *Modèle SOI de Solucom*



Modèle NIST

SaaS

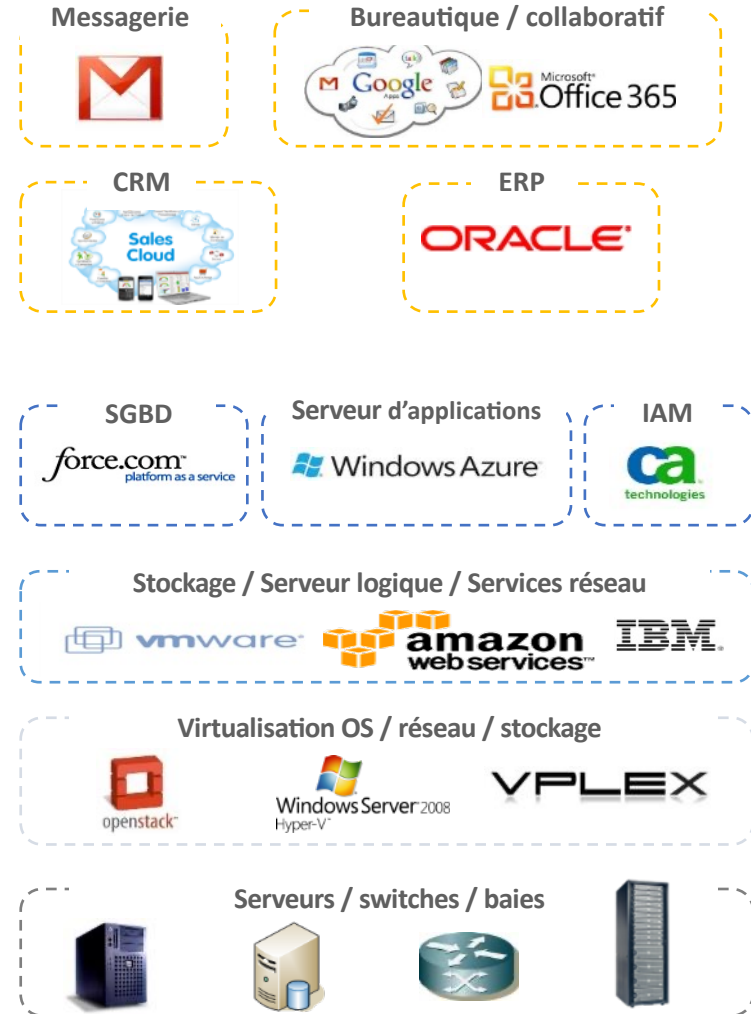
PaaS

IaaS

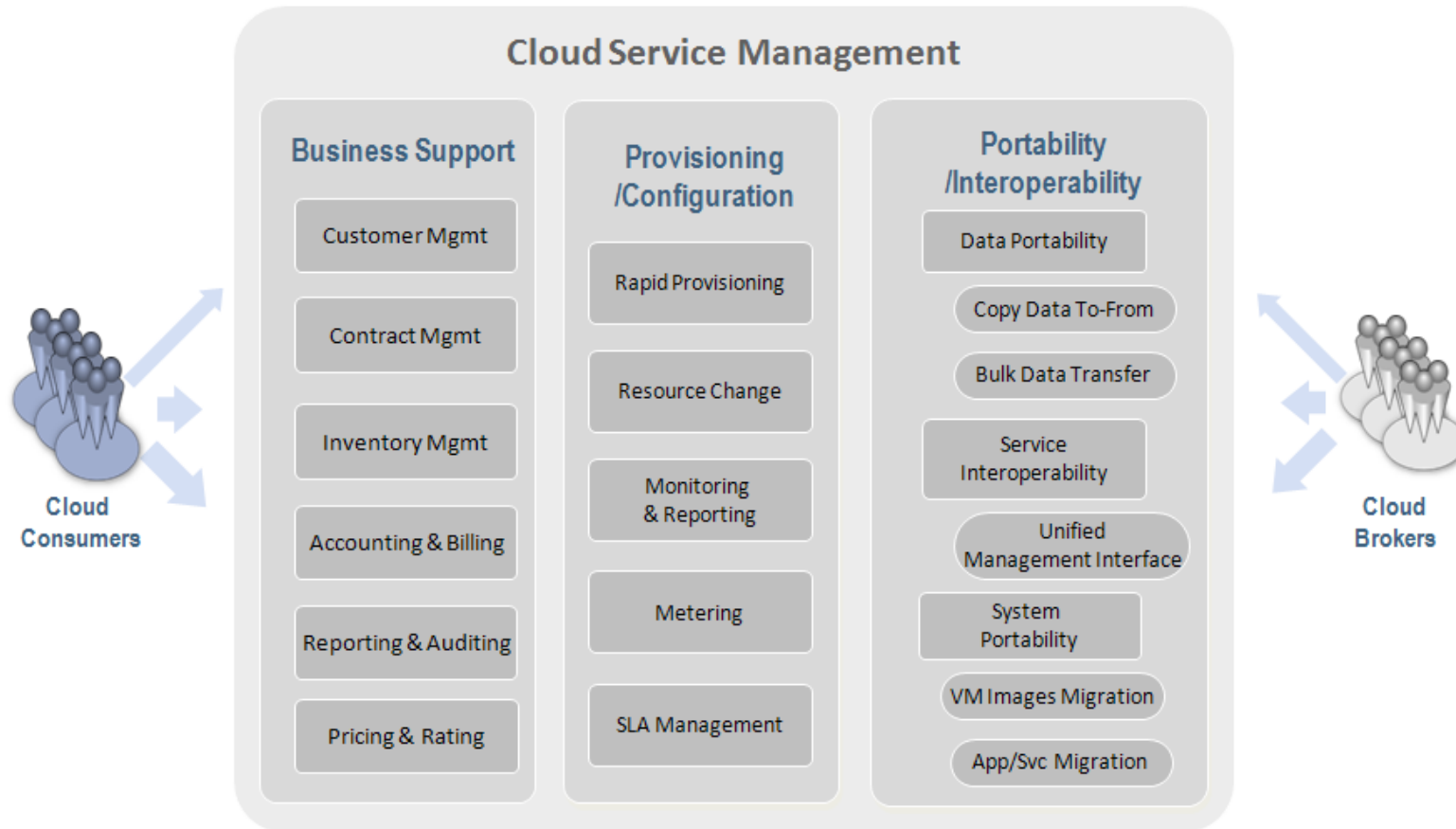
Resource abstraction and control layer

Physical resource layer
Hardware / Facility

Exemple de services Cloud

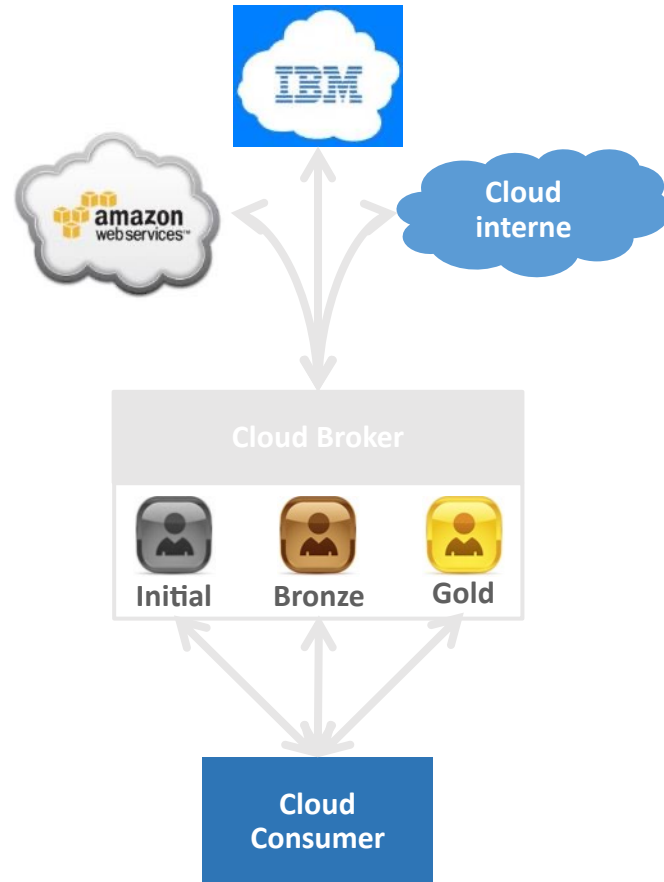


Cloud Providers 2/2

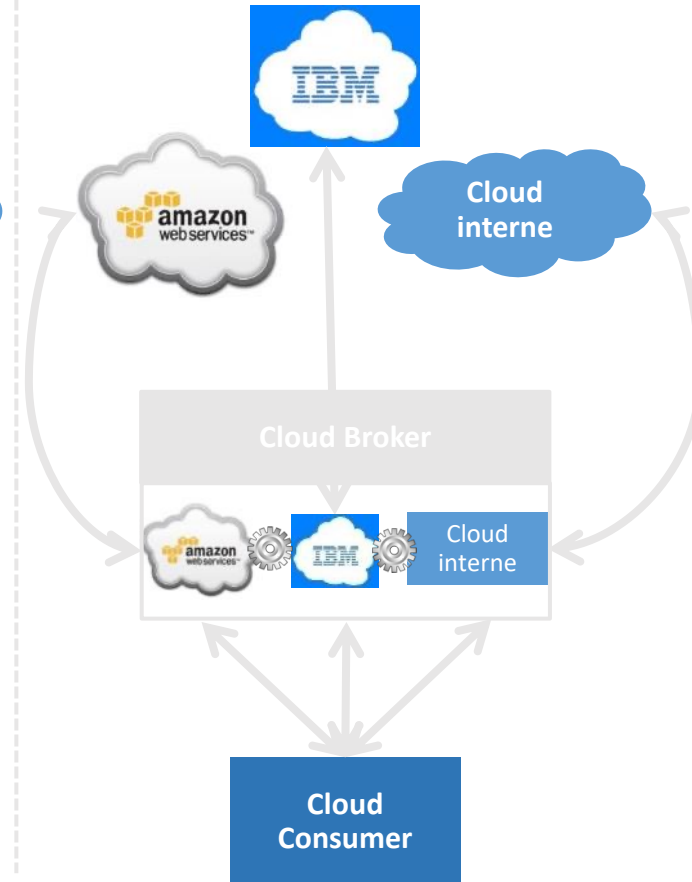


Cloud Broker

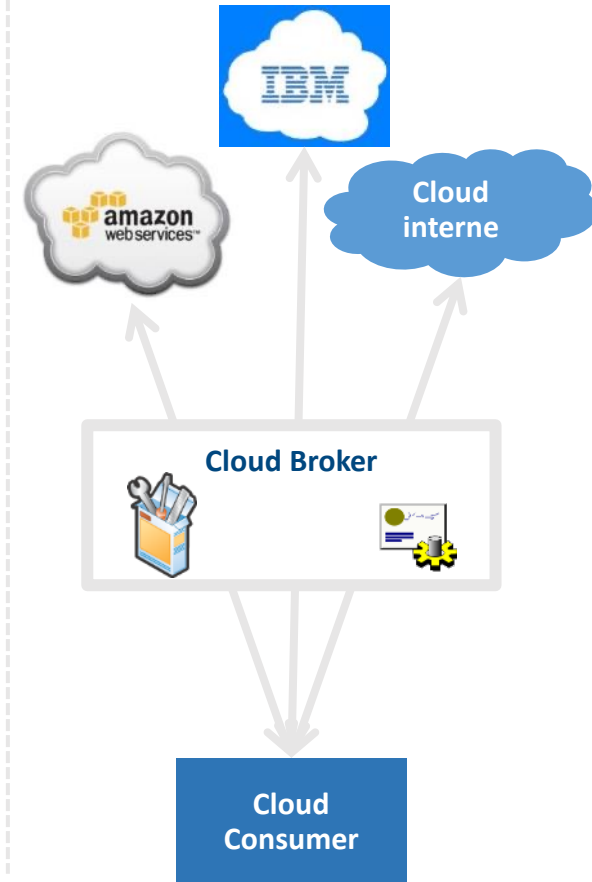
Relation par l'intermédiaire d'un Broker (Arbitrage)



Relation par l'intermédiaire d'un Broker (Aggregation)



Relation par l'intermédiaire d'un Broker (Intermediation)



Cloud Auditor

Confidentialité des données,
PRISM, gag order, offshore,...



Cloud Auditor

Security Audit

Privacy Impact Audit

Performance Audit

Localisation, chiffrement, sécurité
des locaux, configurations
réseaux, OS, ...



Latence, capacité de
stockage, capacité de calcul,
disponibilité, qualité de
service,...





Avantages et inconconvénients du cloud

Avantages et inconvénients

Cloud Computing

Advantages

- Storage and Scalability
- Backup and Recovery
- Mobility
- Cost Efficiency
- IT Innovation

Disadvantages

- Control and Reliability
- Security and Compliance
- Compatibility
- Unpredicted Costs
- Contracts and Lock-Ins



Avantages

- ❑ Réduction des coûts : réduction du coût total de possession des systèmes informatiques, la facilité d'augmenter ou de diminuer les ressources.
- ❑ Souplesse / flexibilité
- ❑ Réduction des efforts de gestion informatique
- ❑ Recentrage sur le cœur de métier.
- ❑ Évolutivité.
- ❑ Élasticité.
- ❑ Mobilité / accessibilité.

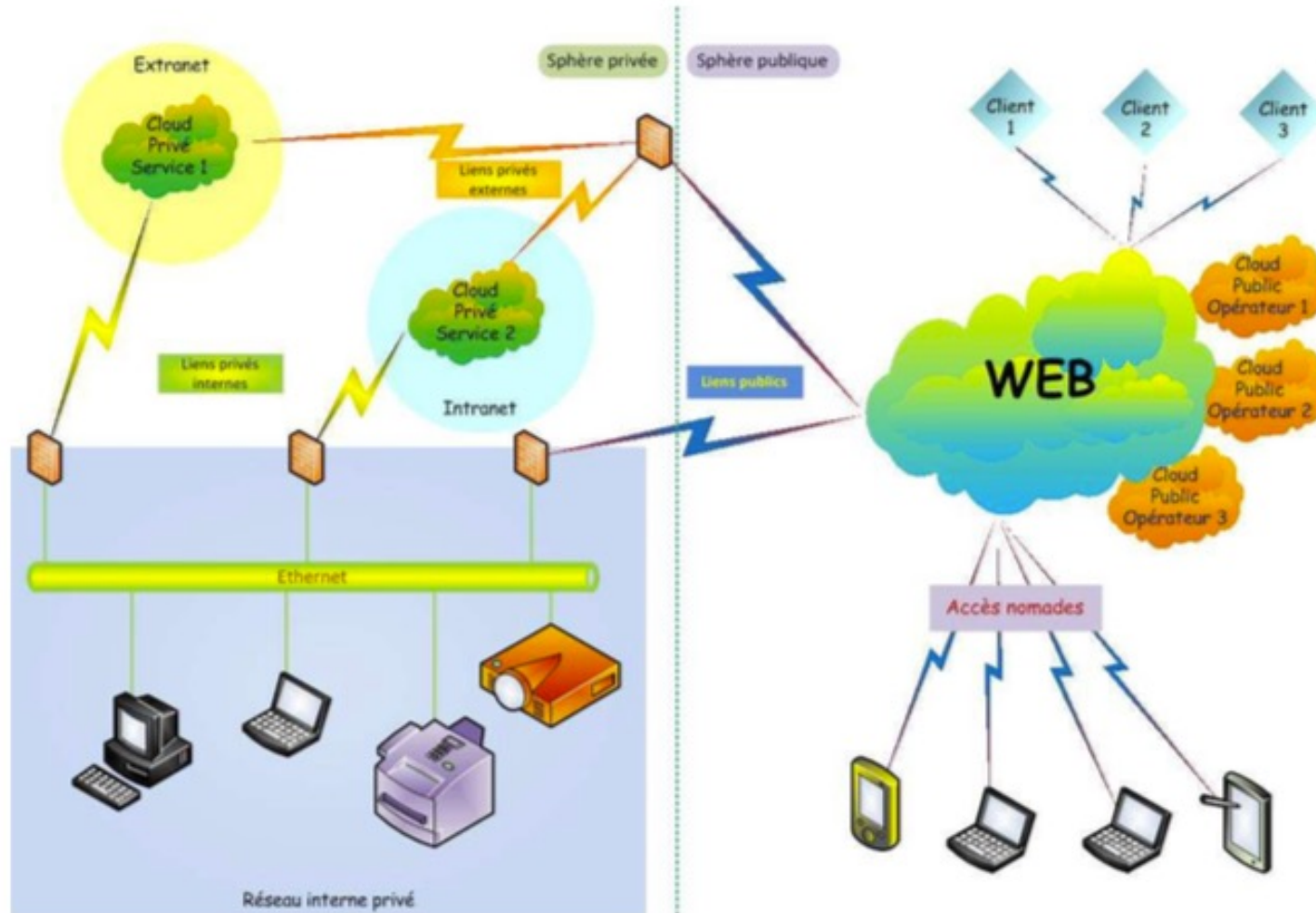


Inconvénients

- ❑ Perte de la maîtrise de son informatique (confiée à un ou des tiers)
 - On ne peut pas toujours exporter les données d'un service cloud → la réversibilité (ou les coûts de sortie associés) n'est pas toujours prise en compte dans le cadre du projet.
 - Le client se trouve souvent « piégé » par son prestataire
 - Lorsqu'il y a des problèmes (changement des termes du contrat ou des conditions générales d'utilisation, augmentation du prix du service, besoin d'accéder à ses données en local, etc.), il se rend compte de l'enfermement propriétaire (**vendor lock-in**) dans lequel il se trouve.
 - Pour Richard Stallman, à l'origine du projet GNU, l'informatique dans le nuage « est un piège », les utilisateurs perdent le contrôle de leurs applications. Il le considère comme un concept publicitaire sans intérêt, rejoignant les critiques exprimées par Larry Ellison, fondateur d'Oracle, *selon lequel il s'agit d'un phénomène de mode.*

Inconvénients

- ❑ Problèmes de sécurisation de ses données informatiques



Sécurité du cloud

- ❑ Gestion des identifiants(identités).
- ❑ Secret. Sécurité et confidentialité des données.
- ❑ Sécurité physique et personnelle.
- ❑ Non maîtrise de son informatique confiée à des tiers.
- ❑ Confiance accordée dans le prestataire tiers. Dépendance ou liberté par rapport à ce dernier ? Pérennité de l'hébergeur.
- ❑ Disponibilité (garantie à 99%? Ou bien à combien? Quel contrat?).
- ❑ Maturité des applications. Certaines applications sont peu ou pas adaptées à l'interface web.
- ❑ Sécurité des applications → les risques face aux cyberattaques.
- ❑ Contrôle des applications.
- ❑ Questions juridiques → localisation des données ou du data center, dépendantes de législations territoriales.
- ❑ Aspects contractuels : Les clauses des contrats de services cloud concernent principalement la disponibilité, la sécurité, la confidentialité et le support.

Conclusion

- ❑ Cloud Computing est un acteur important dans l'industrie des IT.
- ❑ Une véritable valeur commerciale peut être réalisé par les clients de toutes dimensions.
- ❑ Solutions de Cloud Computing sont simples à acquérir, ne nécessitent pas de contrats à long terme et sont plus faciles à évoluer ou diminuer selon les besoins.
- ❑ Services de planification et de migration adéquates sont nécessaires pour assurer une mise en œuvre réussie.
- ❑ Clouds publics et privés peuvent être déployés ensemble pour exploiter le meilleur des deux.
- ❑ Les services de surveillance assurent que les clients obtiennent le meilleur de leur environnement de cloud.