

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Jijel
Faculté des Sciences exactes et de l'informatique
Département d'informatique



– Module –
Environnements et Programmation Dédiés

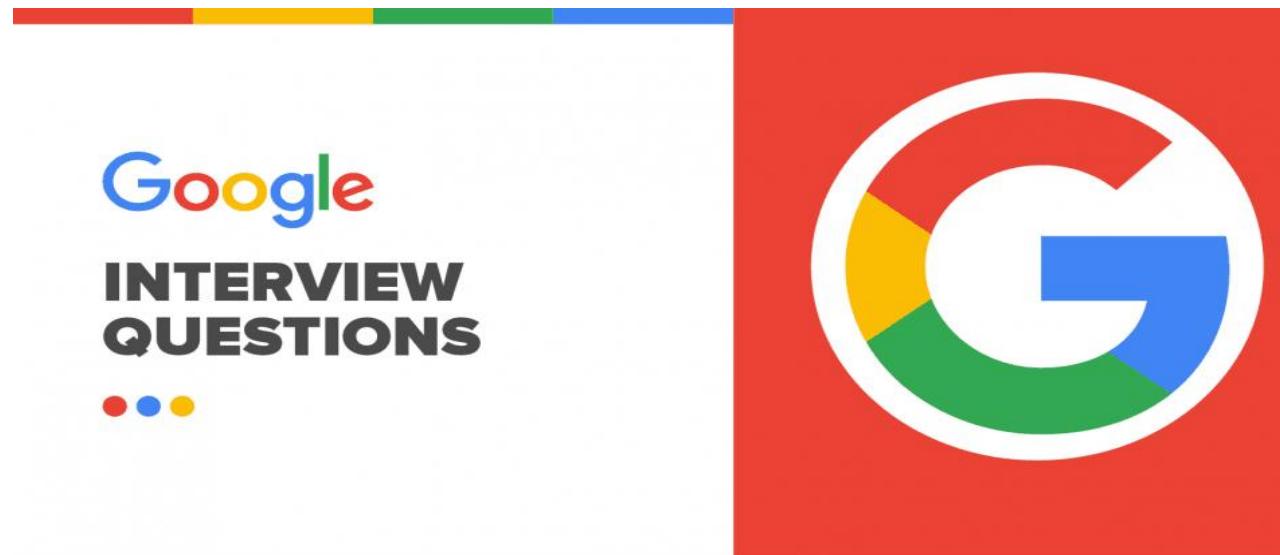
Master 1 : IA

Enseignant du module : Dr. Hemza FICEL

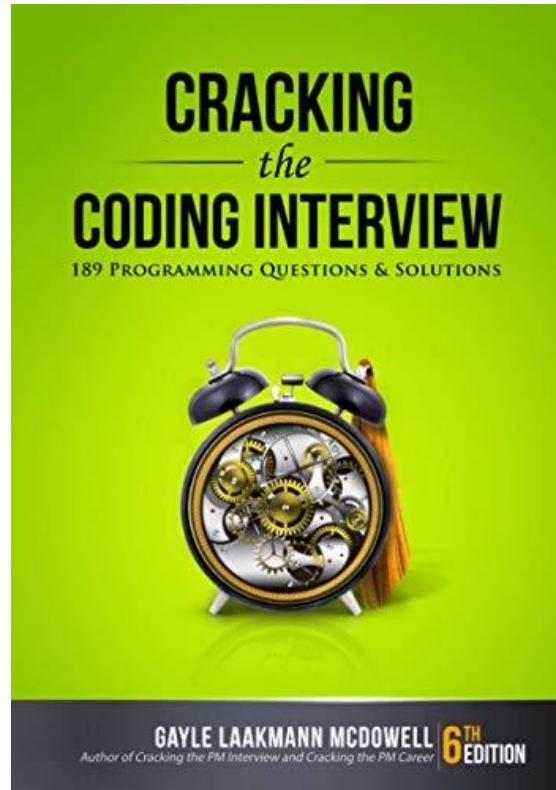
Contact: hemza.ficel@univ-jijel.dz

Chapitre 6

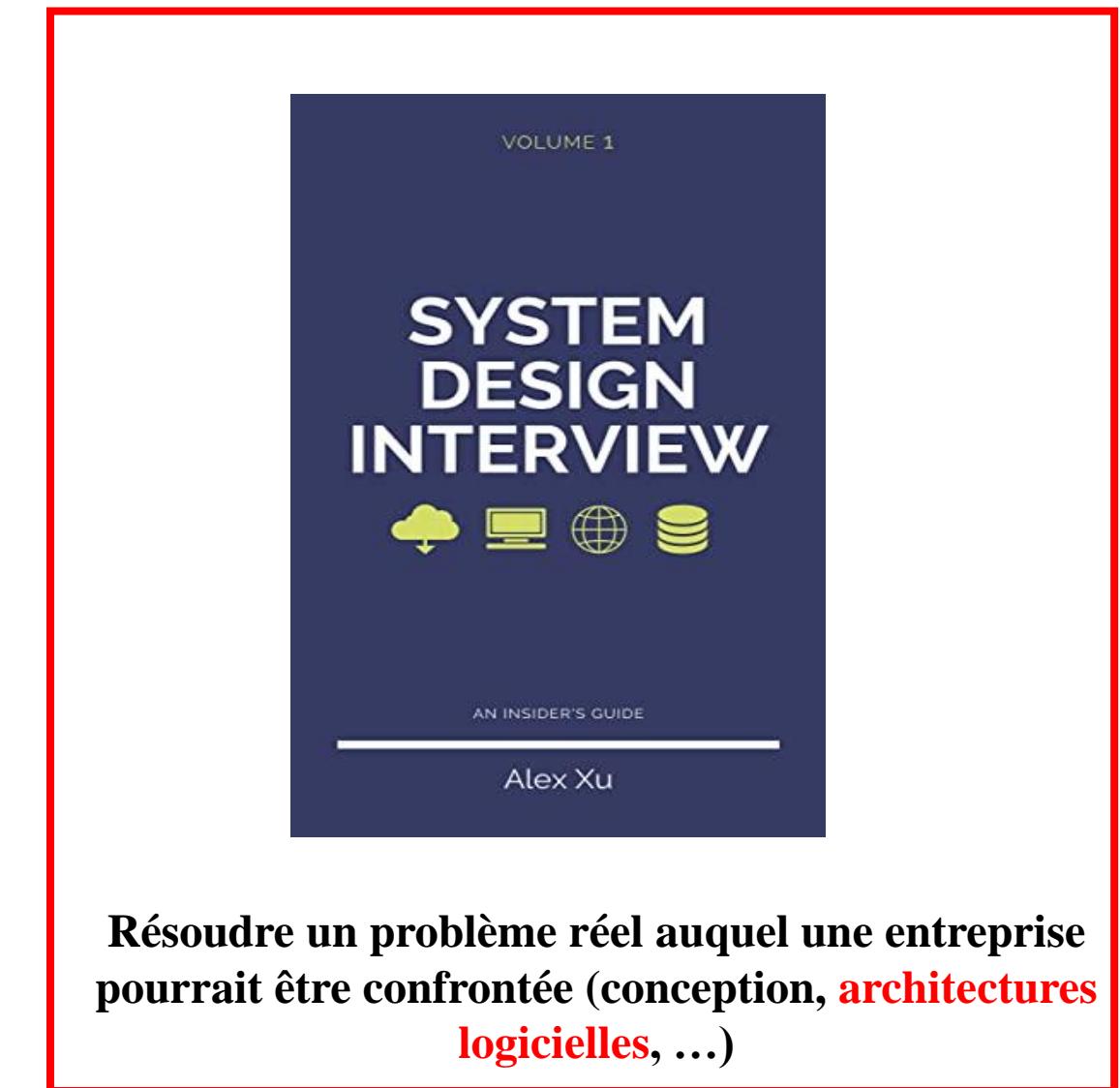
Systèmes distribués



2 types de compétences ...



Rechercher des solutions à des problèmes variés (langages de programmation, structures de données algorithmes, ...).



Résoudre un problème réel auquel une entreprise pourrait être confrontée (conception, architectures logicielles, ...)

Systèmes distribués

“

"System design" helps define solutions that **meet the business requirements of enterprises**. It is a primordial decision to make when building a system, as it is very **difficult to correct later**.

”

Systèmes distribués

Le contexte du Web actuelle exige **des systèmes capables d'analyser et de traiter en temps réel une grande masse de données distribuées à très large échelle**, et générées de plus en plus rapidement.

Systèmes distribués

Besoins non fonctionnels des systèmes à large échelle



Netflix : A Global Live Video Streaming Service

- + 250 millions d'utilisateurs actifs par jour
- + 3,5 milliards de requêtes par jour.
- + 125 millions d'heures de programmes visionnées par jour
- Disponibilité : 99,99 %.
- Stockage : 5000 TB par jour.
- Bande passante : 40% de la bande passante mondial (pic)

Estimation

Systèmes distribués

Besoins non fonctionnels des systèmes à large échelle



Twitter : A Global Social Media Service

- +390 millions d'utilisateurs actifs par jour
- +500 million tweets par jour
- Disponibilité : 99,99 %.
- Stockage : 5 TB par jour.

Estimation

Besoins non fonctionnels des systèmes à large échelle



WhatsApp : A Global Instant Messaging Service

- +2,7 milliards de personnes actifs par mois
- +100 milliards de messages par jour.
- Disponibilité : 99,99 %.
- Stockage : 20 000 TB par jour.

Estimation

Systèmes distribués

Besoins non fonctionnels des systèmes à large échelle

- **High availability (99.99%) : System should be highly available**
- **Low latency : each request should be processed with the minimum latency (e.g., search latency less than 100ms).**
- **The system should be scalable and efficient.**



Le concept de passage à l'échelle : un système doit être capable de délivrer correctement ses services, dans un temps de réponse constant, même si le nombre de clients ou de données augmente de manière importante.

L'infrastructure informatique permettant de **faire fonctionner les Systèmes à large échelle ?**

Systèmes distribués

Solution : Une **infrastructure informatique** (équipements matériels et logiciels) dans laquelle un groupe d'ordinateurs collaborent ensemble pour **réaliser des tâches de calcul de grande ampleur**.



Le calcul en grille (Grid computing)

et

Le calcul en nuage (Cloud computing)

**Le Grid computing : utiliser
les ressources informatiques
non exploitées**

Systèmes distribués

Grid computing

Principe de base

- + Investir dans l'achat de matériel (un **superordinateur**) permettant de faire fonctionner **des systèmes à large échelle** **n'est pas à la portée de tout les entreprises à cause du coût du matériel et de la complexité de l'infrastructure qui va l'accueillir** (installation électrique, bâtiments pour les serveurs, sécurité, climatisation, ...)

Toute seconde de CPU non exploitée dans un ordinateur est perdue à jamais !

- + Pourquoi ne pas exploiter ces ressources sous utilisées pour former un système doté d'une puissance de calcul très importante afin de pouvoir **traiter des taches de grande ampleur dans des systèmes à large échelle** ?

Systèmes distribués

Grid computing

Principe de base

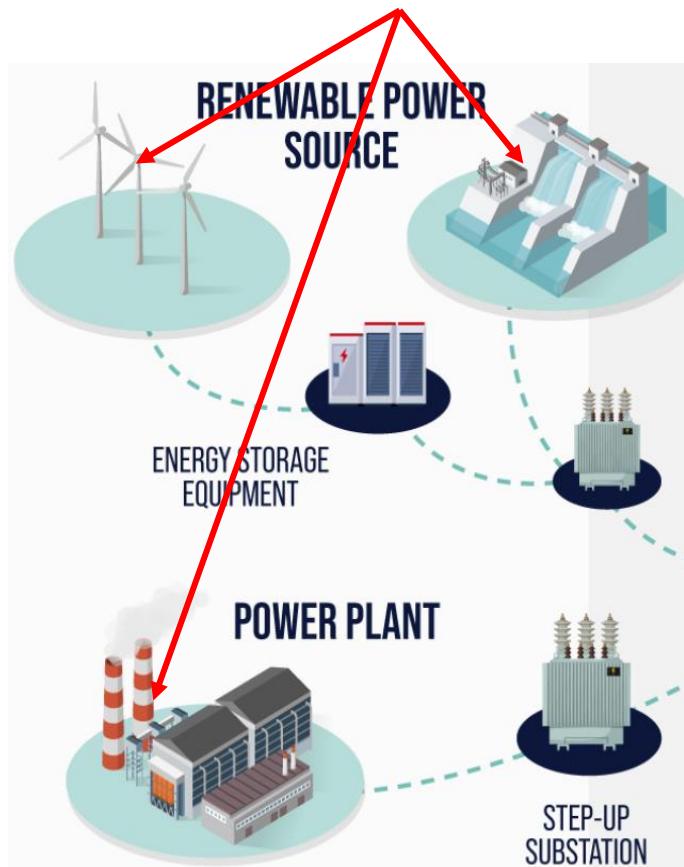
**La source d'inspiration des grilles de calcul est
le réseau de distribution électrique ...**

Systèmes distribués

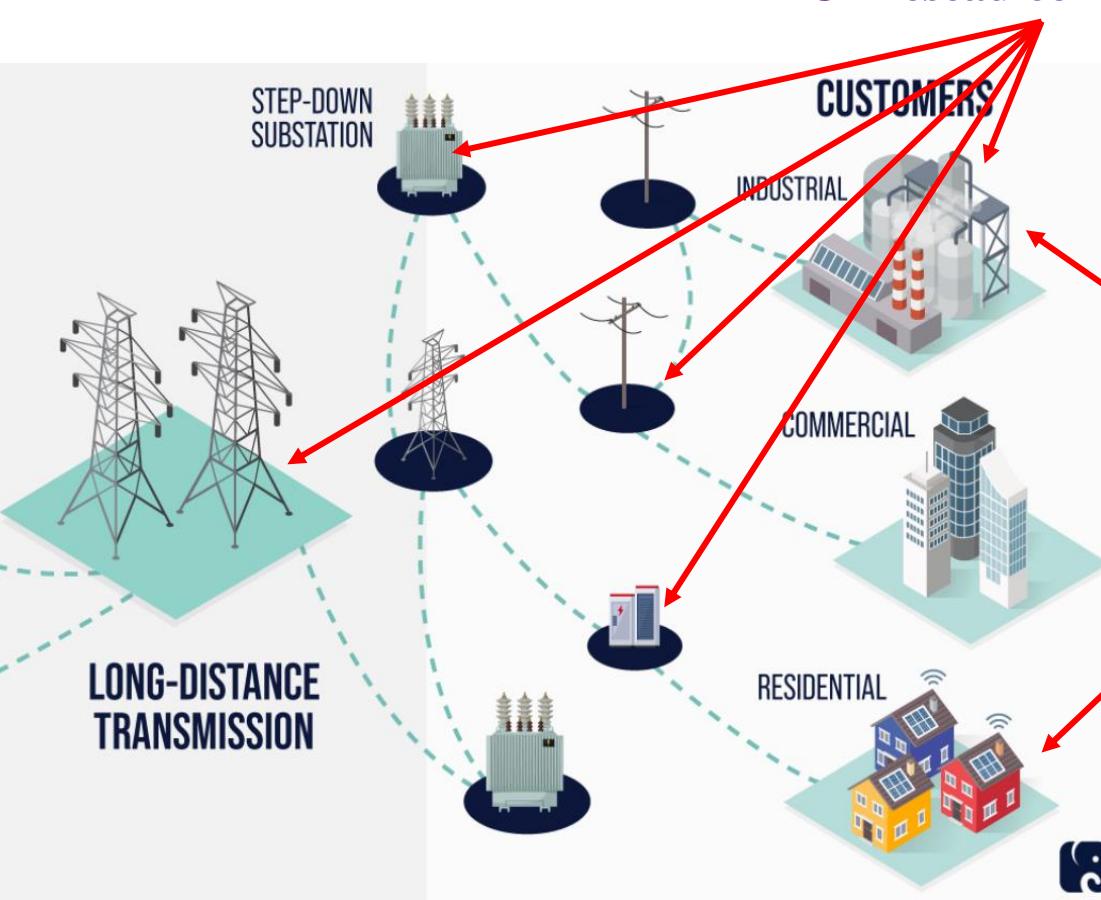
Grid computing

Principe de base

Plusieurs sources d'énergies hétérogènes



Un réseau complexe



Utilisation simple (prise de courant)



la complexité du réseau est complètement cachée (encapsulation).

La source d'inspiration des grilles de calcul **est le réseau de distribution électrique**.

Systèmes distribués

Grid computing

Principe de base



Fondamental

- Le Grid Computing désigne un regroupement en réseau d'un ensemble d'ordinateurs décentralisés (dispersés à différents endroits) et hétérogènes (adoptant des configurations différentes). Ces ordinateurs opèrent comme un superordinateur virtuel pour traiter des taches de grande ampleur.

- Les ressources sont partagées : elles sont mises à la disposition de divers consommateurs et pour différents usages.
- Les ressources sont autonomes : elles ne sont pas contrôlées par une seule personne/unité.
- Les ressources sont distribuées : elles sont dispersées à différents endroits géographiques.
- Les ressources sont hétérogènes : elles adoptent des configurations différentes (SE, CPU, RAM, stockage, ...)
- Les ressources sont coordonnées : elles sont gérées par un ou plusieurs coordinateurs (ordonnanceurs).

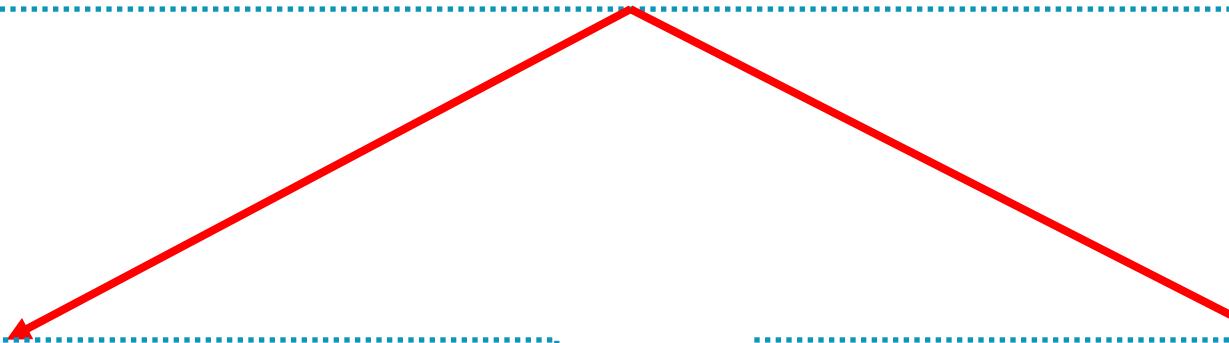
Grid computing

Architecture



Fondamental

- Une grille de calcul est basée sur le **principe de l'architecture client/serveur**. Dans cette architecture, il existe plusieurs clients et plusieurs serveurs.



- Les serveurs jouent le rôle **d'un ordonnanceur** qui distribue les tâches à réaliser aux clients et agrège les réponses des clients dans un résultat final.

- Les clients unissent leur puissance pour jouer le rôle **d'un superordinateur** capable de traiter des tâches de grande ampleur.

Grid computing

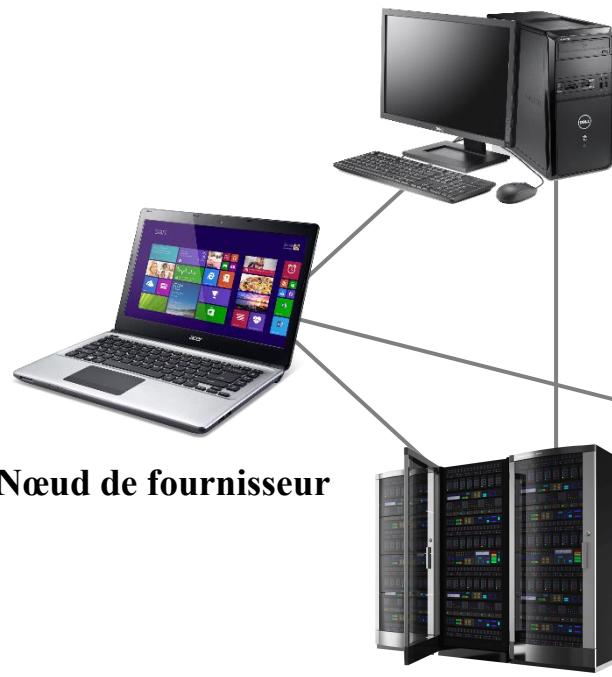


Fondamental

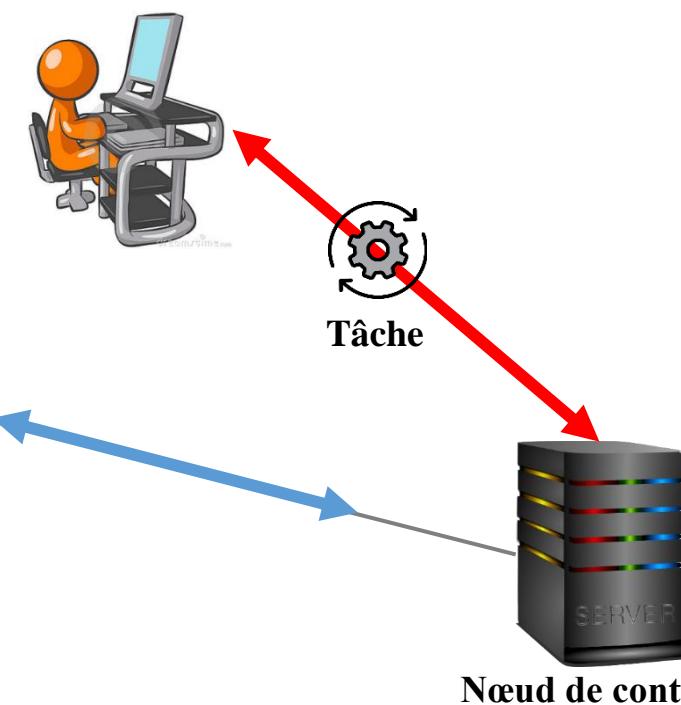
Architecture

- Les ordinateurs d'une grille de calcul sont appelés **nœuds**. nous distinguons **trois types** de nœuds : **nœud fournisseur, nœud de contrôle, et nœud utilisateur**. **Il n'y a pas de limite de nœuds dans une grille de calcul.**

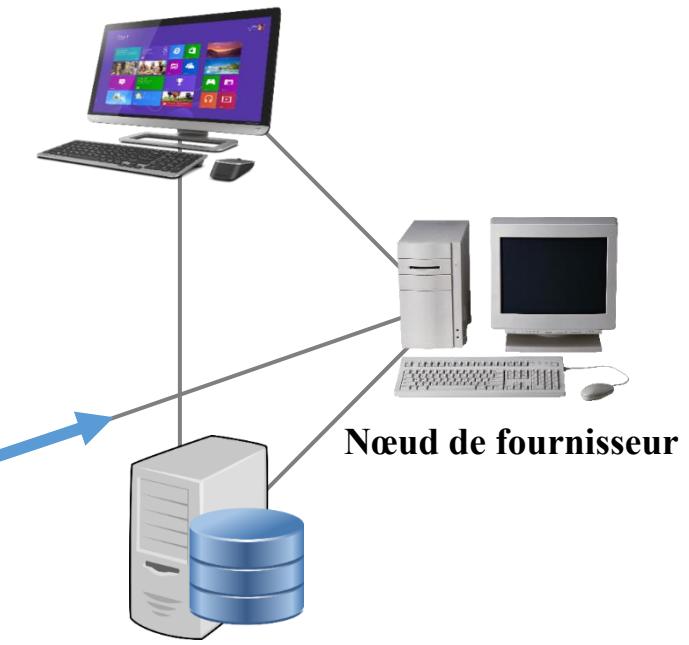
Nœud de fournisseur



Nœud d'utilisateur



Nœud de fournisseur



Systèmes distribués

Grid computing

Architecture



Fondamental

- **Nœud de contrôle** : est un ordinateur qui **administre le réseau d'une grille de calcul** et gère l'affectation des ressources dans cette grille.
- **Nœud utilisateur** : est un ordinateur qui **utilise les ressources partagées** dans une grille de calcul pour exécuter une tâche précise.
- **Nœud fournisseur** : est un ordinateur qui **partage ses ressources** dans une grille de calcul.



Attention

- Dans une grille de calcul , les nœuds peuvent souvent passer du rôle « **utilisateur** » à celui de « **fournisseur** ».

Systèmes distribués

Grid computing

Architecture



Fondamental

- Une application logicielle appelée « **intergiciel** ou **middleware** » est installée sur chaque nœud impliqué dans la grille de calcul. Cette application **coordonne et gère toutes les tâches de la grille**. Ainsi, elle permet aux nœuds de la grille de communiquer et de partager des informations concernant les sous-tâches en cours d'exécution.



Attention

- Les nœuds « **fournisseur** » autorisent l'utilisation de leurs ressources pour exécuter n'importe quelle tâche, ce qui constitue une énorme **menace de sécurité** sur un réseau en grille. L'application « **intergiciel** » doit donc contrôler et s'assurer qu'aucune tâche indésirable ou abusive n'est exécutée sur chaque nœud « **fournisseur** ».

Systèmes distribués

Grid computing

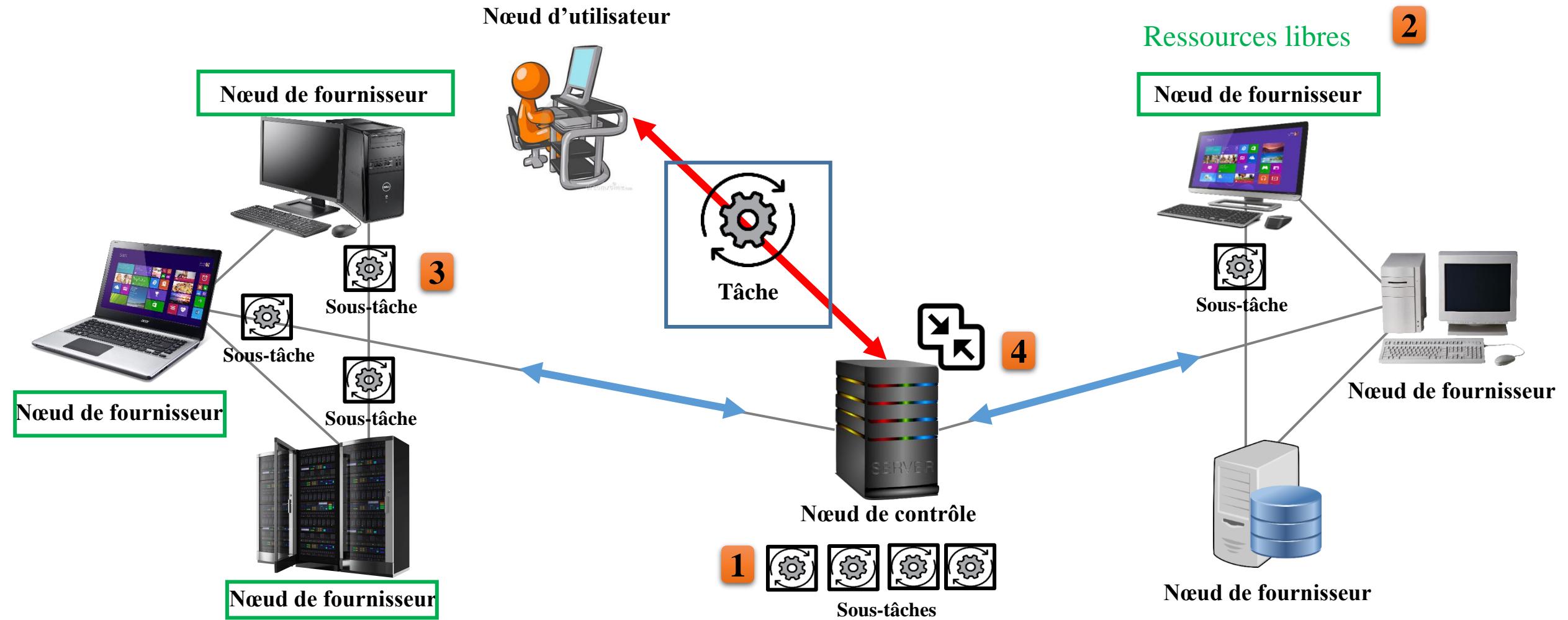
Scénario d'exécution

✚ Lorsque un nœud « utilisateur » a besoin de ressources pour exécuter une tâche précise, l'application « intergiciel » transmire la demande aux nœuds de contrôle, qui vont :

- 1) diviser la tâche principale en sous-tâches ;
- 2) vérifier les ressources disponibles sur chaque nœud ;
- 3) attribuer les sous-tâches à exécuter aux nœuds « **fournisseur** » libres ;
- 4) une fois les sous-tâches terminées, les résultats de tous les nœuds « **fournisseur** » sont renvoyés aux nœuds de contrôles qui vont les agrégés pour terminer la tâche principale.

Grid computing

Scénario d'exécution



Grid computing

Exemple : IBM world community grid

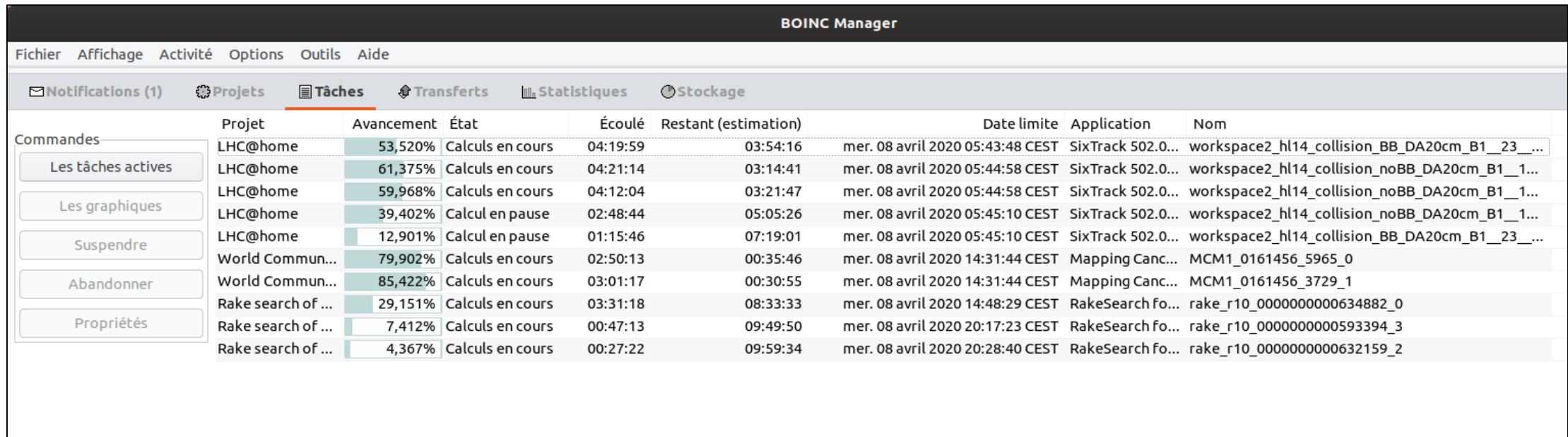


World Community Grid enables anyone with a computer, smartphone or tablet to **donate their unused computing power** to advance cutting-edge scientific research on topics related to health, poverty and sustainability.

Systèmes distribués

Grid computing

Exemple : IBM world community grid



The screenshot shows the BOINC Manager application interface. The menu bar includes Fichier, Affichage, Activité, Options, Outils, and Aide. The top navigation bar has tabs for Notifications (1), Projets, Tâches (Tasks), Transferts, Statistiques, and Stockage. The Tâches tab is selected. The main table displays the following data:

Projet	Avancement	État	Écoulé	Restant (estimation)	Date limite	Application	Nom
LHC@home	53,520%	Calculs en cours	04:19:59	03:54:16	mer. 08 avril 2020 05:43:48 CEST	SixTrack 502.0...	workspace2_hl14_collision_BB_DA20cm_B1_23_...
LHC@home	61,375%	Calculs en cours	04:21:14	03:14:41	mer. 08 avril 2020 05:44:58 CEST	SixTrack 502.0...	workspace2_hl14_collision_noBB_DA20cm_B1_1...
LHC@home	59,968%	Calculs en cours	04:12:04	03:21:47	mer. 08 avril 2020 05:44:58 CEST	SixTrack 502.0...	workspace2_hl14_collision_noBB_DA20cm_B1_1...
LHC@home	39,402%	Calcul en pause	02:48:44	05:05:26	mer. 08 avril 2020 05:45:10 CEST	SixTrack 502.0...	workspace2_hl14_collision_noBB_DA20cm_B1_1...
LHC@home	12,901%	Calcul en pause	01:15:46	07:19:01	mer. 08 avril 2020 05:45:10 CEST	SixTrack 502.0...	workspace2_hl14_collision_BB_DA20cm_B1_23_...
World Commun...	79,902%	Calculs en cours	02:50:13	00:35:46	mer. 08 avril 2020 14:31:44 CEST	Mapping Canc...	MCM1_0161456_5965_0
World Commun...	85,422%	Calculs en cours	03:01:17	00:30:55	mer. 08 avril 2020 14:31:44 CEST	Mapping Canc...	MCM1_0161456_3729_1
Rake search of ...	29,151%	Calculs en cours	03:31:18	08:33:33	mer. 08 avril 2020 14:48:29 CEST	RakeSearch fo...	rake_r10_000000000634882_0
Rake search of ...	7,412%	Calculs en cours	00:47:13	09:49:50	mer. 08 avril 2020 20:17:23 CEST	RakeSearch fo...	rake_r10_000000000593394_3
Rake search of ...	4,367%	Calculs en cours	00:27:22	09:59:34	mer. 08 avril 2020 20:28:40 CEST	RakeSearch fo...	rake_r10_000000000632159_2

La grille WCG est basé sur la plate-forme de calcul distribué (**BOINC**- Berkeley Open Infrastructure for Network Computing). Cette plateforme fournit une application (intergiciel/middleware de grille) à installer sur les machines clientes qui récupère et met à disposition des laboratoires de recherche WCG le temps de calcul non utilisé sur ces machines.

Grid computing

Avantages

Les entreprises utilisent les grilles de calcul pour plusieurs raisons ...

- **Une solution de calcul efficace** : les grilles de calcul permettent le traitement parallèle d'une même tâche sur plusieurs machines hétérogènes qui ne sont pas forcément obligées d'être tout le temps connectés (pas de contraintes de temps).
- **Une infrastructure à cout bas** : les grilles de calcul fonctionnent avec le matériel existant (ordinateurs et réseaux), ce qui permet faire des économies sur votre budget et d'éviter les contraintes d'énergie, de locaux, de climatisation, etc.
- **Une solution flexibilité et sans limite** : il n'y a pas de limite de nœuds dans une grille de calcul. De plus, ces ressources ne sont pas limitées à un emplacement spécifique, et peuvent se situer dans des environnements complètement différents.

Systèmes distribués

Grid computing

Inconvénients

Malgré leurs multiples avantages, les grilles de calcul ont un certain nombre d'inconvénients ...

⊕ **Problème de disponibilité** : il est primordial de lancer un même calcul sur plusieurs machines indépendantes, car de nombreux nœuds « fournisseur » peuvent présenter des défaillances ou elles peuvent se déconnecter à tout moment.

⊕ **Problème de fiabilité** : il est impossible de prévoir à l'avance le temps d'exécution d'une tâche dans une grille de calcul, car on ne peut pas prévoir les ressources disponibles et libres à un instant donné.

⊕ **Problème de temps de réponse** : les grilles de calcul présentent certaine lenteur d'accès, car le partage et la distribution des ressources imposent plusieurs mécanismes de gestion et de sécurité.

Grid computing grew into Cloud computing : utiliser des ressources très puissantes sans les posséder.

Systèmes distribués

Le Cloud computing

Principe de base

- 2002 : Pour faire face aux pics des ventes de fin d'année, Amazon a acheté et installé des dizaines de milliers de serveurs dans le monde.



- Problème : Un grand nombre de ces serveurs ne sont pas utilisés que pour faire face à la demande lors des pics de vente.

- Solution : les ingénieurs d'Amazon ont eu l'idée de les louer à d'autres entreprises, mais ils se sont dit « **on ne va pas louer la machine physique elle-même, mais la puissance de nos machines** »

Systèmes distribués

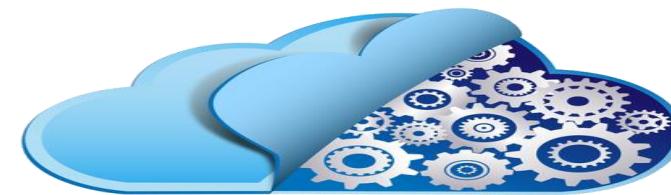
Le Cloud computing

Principe de base



Fondamental

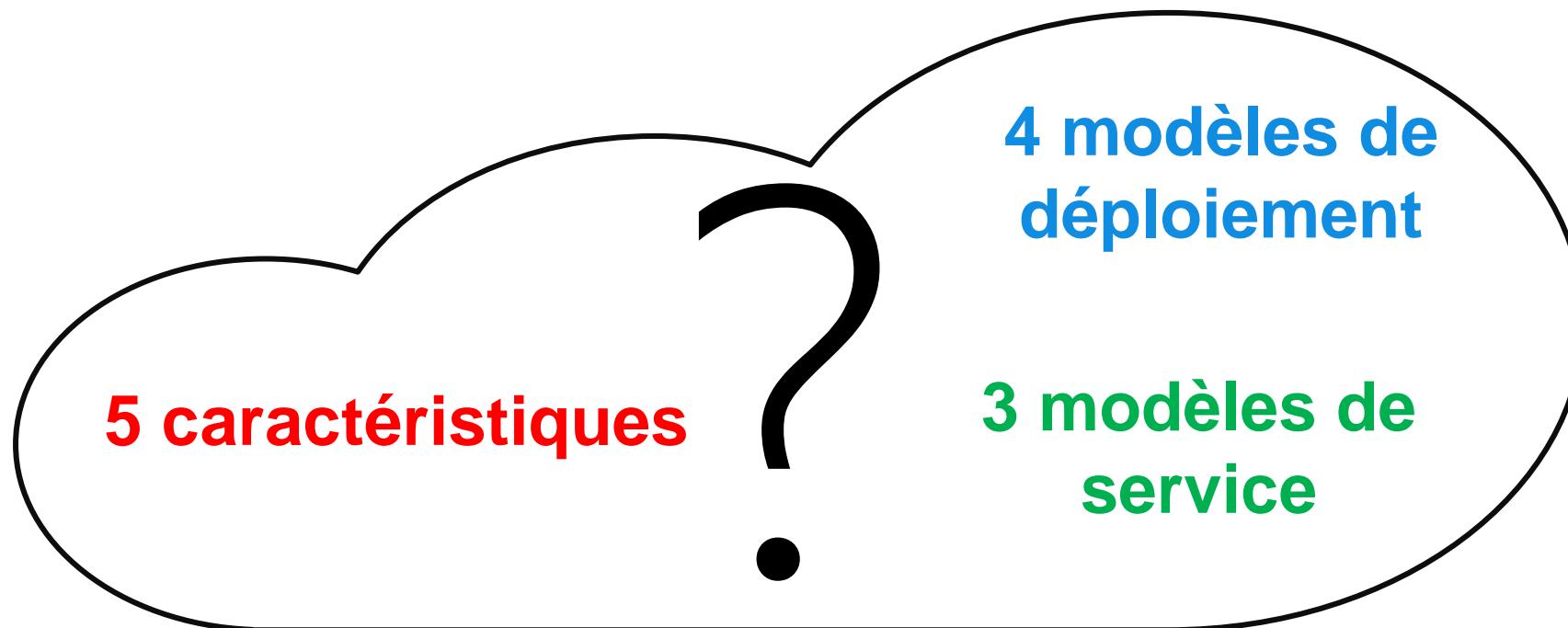
« Le Cloud computing est un modèle qui permet un **accès omniprésent, pratique et à la demande** à un réseau partagé et à un ensemble de ressources informatiques configurables. Ce modèle est composé de **5 caractéristiques** essentielles, de **3 modèles de services** et de **4 modèles de déploiement** ».



Pourquoi un nuage ? : « vous ne voyez pas ce qu'il y a à l'intérieur, mais ne vous inquiétez pas, ça fonctionne ».

Le Cloud computing

Principe de base

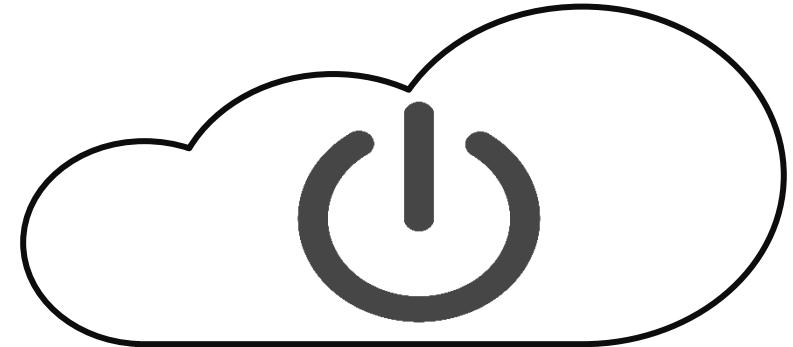


Le Cloud computing

5 caractéristiques



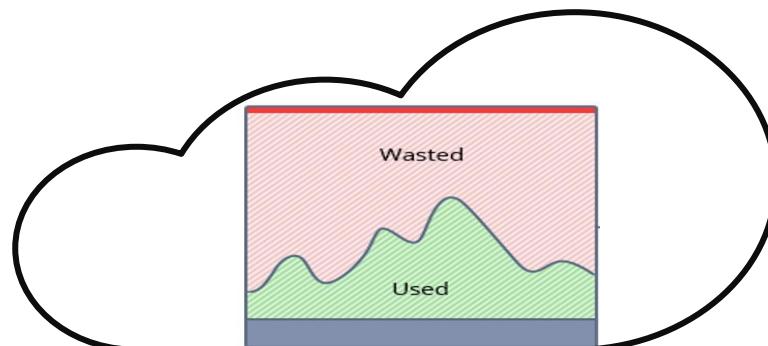
Accès Universal via le réseau



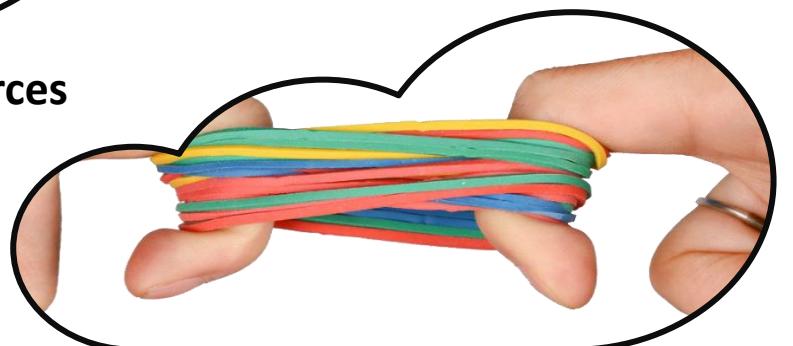
Service à la demande
(disponibilité et fiabilité)



Mise en commun des ressources



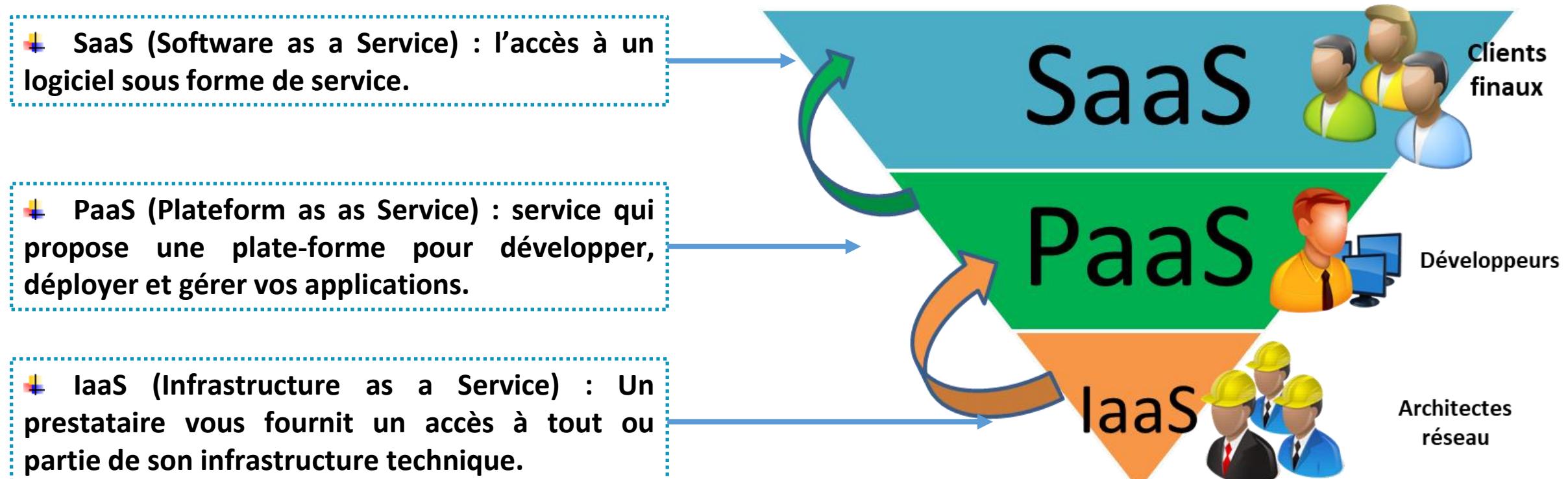
Service mesurable et facturable



Elasticité

Le Cloud computing

3 modèles de service



Systèmes distribués

Le Cloud computing

3 modèles de service



Amazon
EC2

✚ **IaaS** : **EC2** ou Amazon Elastic Compute Cloud, un service qui permet de louer des serveurs sur lesquels exécuter vos applications



App Engine

✚ **PaaS** : **Google App Engine**, une plateforme de développement d'application en ligne (Node.js, Java, Ruby, C#, Go, Python ou PHP.)

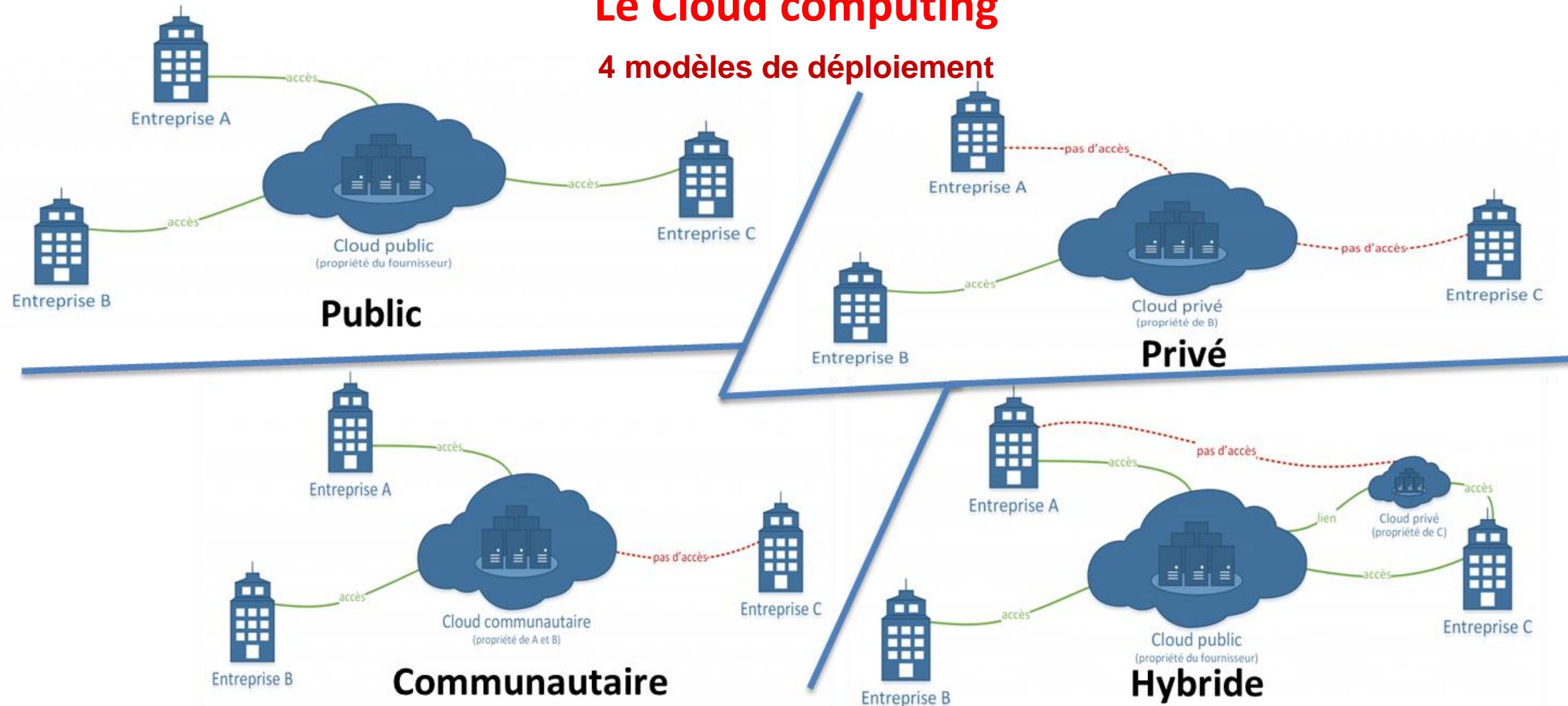


Office 365

✚ **SaaS** : **Office 365** est un service en ligne qui fournit l'accès à la dernière version de Microsoft Office.

Le Cloud computing

4 modèles de déploiement



Le Cloud computing

- Les datacenters ont des rôles critiques dans le cloud : **infrastructure complexe** qui permet **d'héberger des équipements informatiques très performants**.



Systèmes distribués

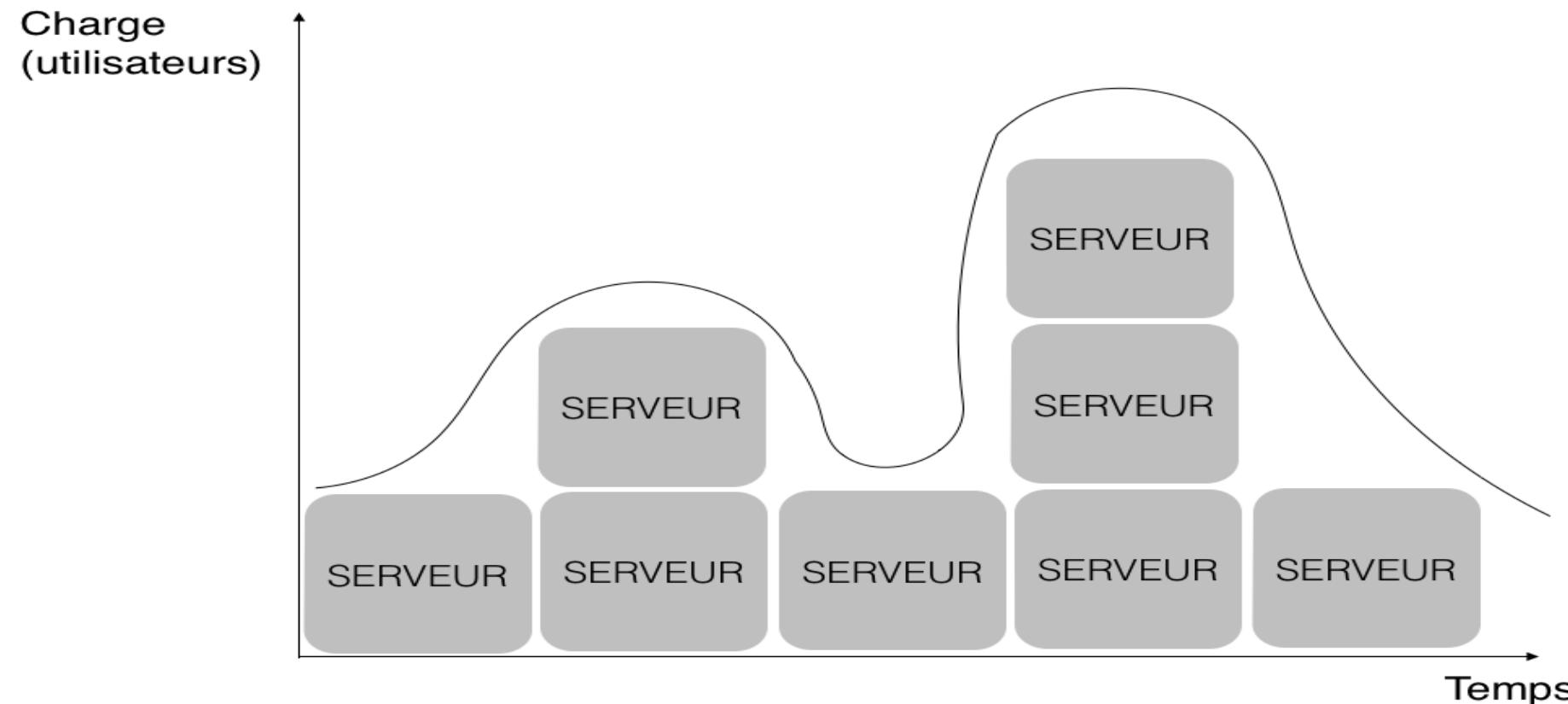
Le Cloud computing

- Les solutions Cloud reposent sur des **technologies de virtualisation** : une technologie qui permet de **transformer le matériel physique en plusieurs ressources virtuelles**.



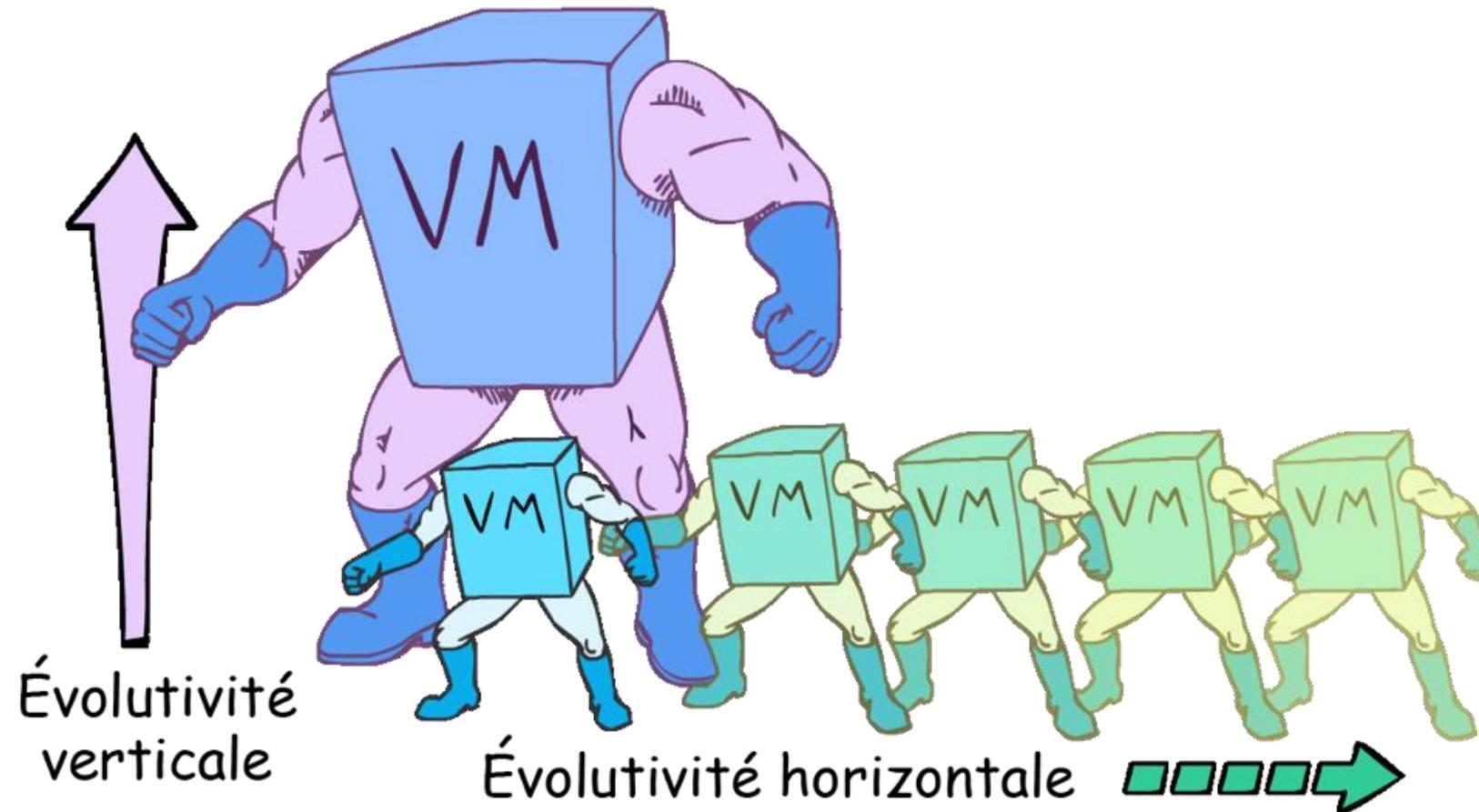
Architectures cloud-native :
favoriser « l'évolutivité » et
« la disponibilité » des
applications

- Le Cloud computing permet d'ajuster les ressources matérielles de manière dynamique en fonction de la charge du système pour **garantir un temps de réponse minimum et assurer une disponibilité continue**.

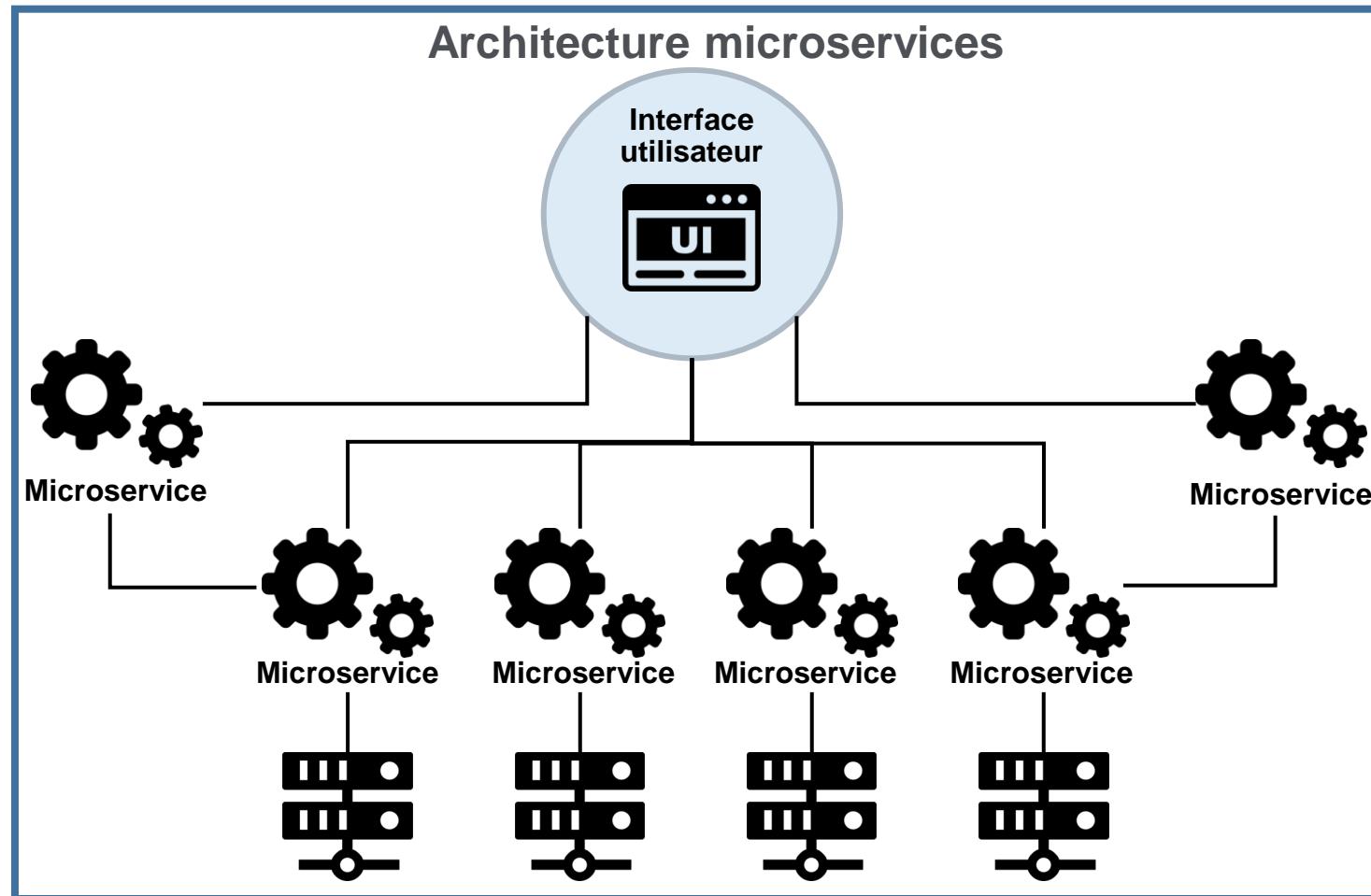


**Autant profiter de cette
capacité**

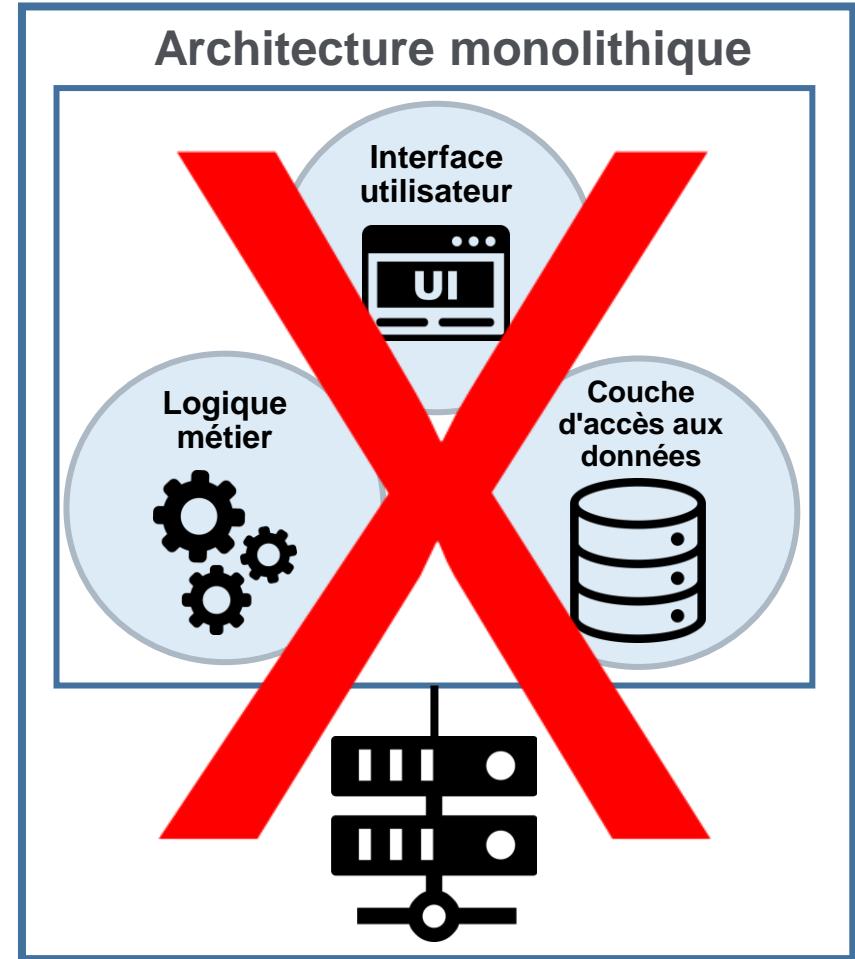
Architecture microservices



Architecture microservices



Architecture monolithique



Architecture microservices



Architecture microservices

API Name	Instance Memory	GPU memory	On Demand
<input type="text" value="Filter..."/>	<input type="text" value="Min Mem: 0"/>	<input type="text" value="Filter..."/>	<input type="text" value="Filter..."/>
c7gd.xlarge	8.0 GiB	0 GiB	\$0.2060 hourly
c7g.xlarge	8.0 GiB	0 GiB	\$0.1550 hourly
c7a.xlarge	8.0 GiB	0 GiB	\$0.2202 hourly
c6in.xlarge	8.0 GiB	0 GiB	\$0.2562 hourly
c6id.xlarge	8.0 GiB	0 GiB	\$0.2289 hourly
c6i.xlarge	8.0 GiB	0 GiB	\$0.1824 hourly
c6gn.xlarge	8.0 GiB	0 GiB	\$0.1952 hourly
c6gd.xlarge	8.0 GiB	0 GiB	\$0.1744 hourly

Architecture microservices

API Name	Instance Memory	GPU memory	On Demand
<input type="button" value="Filter..."/>	<input type="button" value="Min Mem: 0"/>	<input type="button" value="Filter..."/>	<input type="button" value="Filter..."/>
m6a.metal	768.0 GiB	0 GiB	\$9.2448 hourly
m6a.48xlarge	768.0 GiB	0 GiB	\$9.2448 hourly
i4i.24xlarge	768.0 GiB	0 GiB	\$9.0816 hourly
i3en.metal	768.0 GiB	0 GiB	\$12.0000 hourly
i3en.24xlarge	768.0 GiB	0 GiB	\$12.0000 hourly

Architecture microservices

API Name	Instance Memory	GPU memory	On Demand
<input type="button" value="Filter..."/>	<input type="button" value="Min Mem: 0"/>	<input type="button" value="Filter..."/>	<input type="button" value="Filter..."/>
inf2.48xlarge	768.0 GiB	384 GiB	\$16.2266 hourly
p4d.24xlarge	1152.0 GiB	320 GiB	\$35.3965 hourly
p3dn.24xlarge	768.0 GiB	256 GiB	\$33.7110 hourly
inf2.24xlarge	384.0 GiB	192 GiB	\$8.1133 hourly
p2.16xlarge	732.0 GiB	192 GiB	\$15.5520 hourly



Merci pour votre attention