



MODULE :

Le Cloud Computing & DevOps

Pr. F. Benabbou
Master DSBD
Faculté des Sciences Ben M'Sik Casablanca

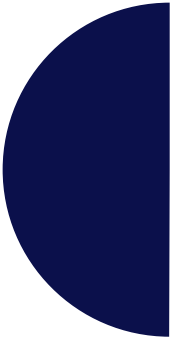




TABLE OF CONTENTS

01 CLOUD COMPUTING

- Introduction générale
- La Virtualisation
- Les concepts de base du Cloud Computing
- Technologies émergentes du CC : Edge, Fog, ...
- Étude de cas et projet pratique

02 DevOps & Cloud

- Introduction générale
- La philosophie DeVops
- Version control systems (git)
- Continuous Integration CI & Développement Continu CD
- Tests automatisés dans CI/CD
- Infrastructure en tant que Code (IaC)
- Surveillance et Journalisation
- Étude de cas et projet pratique

Technologie Emergentes

- Green cloud
- Edge computing
- Fog computing
- Mobile cloud
- IA & cloud computing



Les challenges du cloud computing

Sécurité des données

- Menaces persistantes
- Données sensibles doivent être protégées.

Normes & Conformité

- Respect des normes
- Conformité aux réglementations en vigueur (RGPD*, HIPAA*, etc.).

Vendor Lock-in

- Dépendance vis-à-vis de ses outils et technologies
- Difficulté de migration vers un autre fournisseur.

Intégration

- Il est essentiel de garantir une intégration fluide entre les applications cloud et les systèmes existants sur site.

Performances

- Latence et bande passante
- Applications affectées : les jeux, le streaming vidéo, l'IoT et l'IA.

Optimisation des ressources

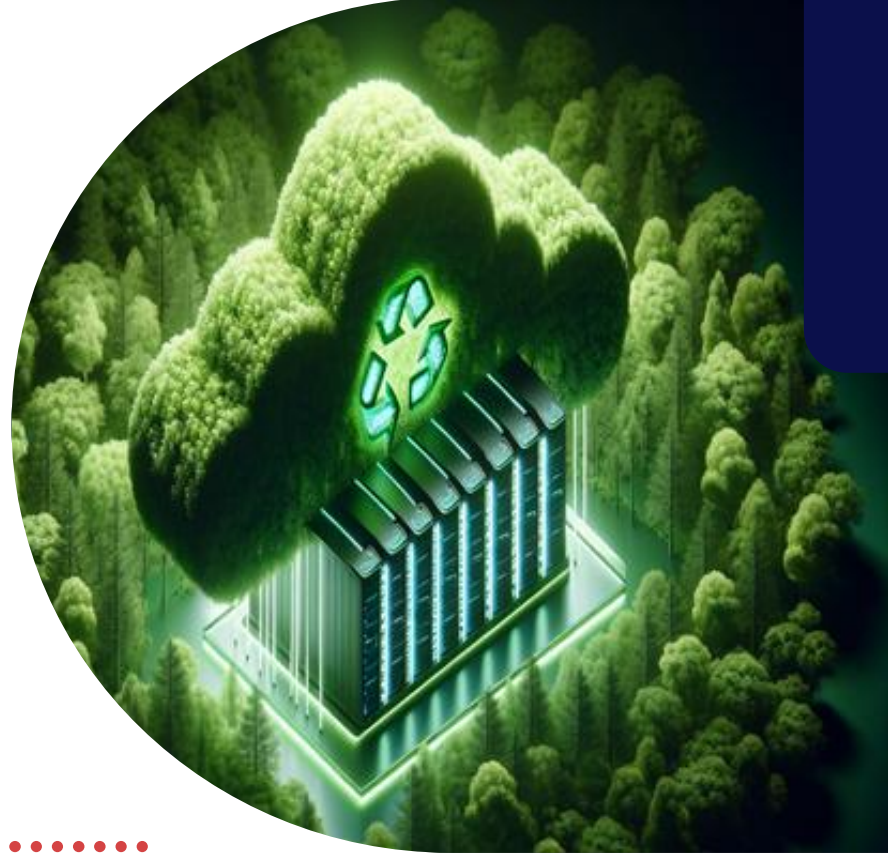
- Développer des Stratégies
- Minimiser la consommation énergétique
- Minimiser l'empreinte carbone

*RGPD (Règlement Général sur la Protection des Données)

*HIPAA (Health Insurance Portability and Accountability Act)



Green Cloud Computing



Qu'est-ce que le Cloud Vert ?



- Les centres de données sont actuellement responsables de consommant 3 % de l'approvisionnement énergétique mondial, et il est prévu que leur consommation d'énergie pourrait dépasser les 10 % d'ici 2030 si aucune action n'est entreprise.
- Le cloud vert désigne un ensemble de pratiques et de technologies visant à rendre le cloud computing plus respectueux de l'environnement.
- Son objectif est de réduire la consommation d'énergie et l'empreinte carbone des centres de données.
- L'optimisation de la consommation d'énergie est réalisée grâce à diverses approches technologiques.



Le Cloud Vert

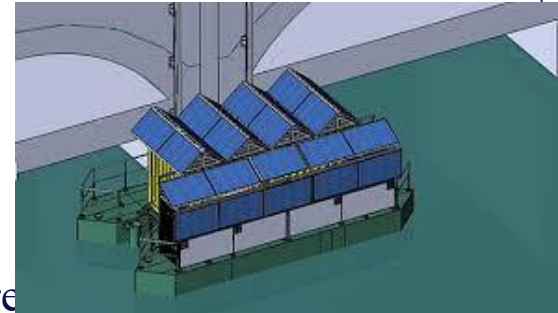


- En général, le cloud vert englobe :
 - **L'efficacité énergétique des centre de données:** Optimisation des systèmes de refroidissement, utilisation d'énergies renouvelables, virtualisation des serveurs...
 - **La conception de logiciels économes en énergie:** Développement d'applications et de services cloud moins gourmands en ressources.
 - **La gestion intelligente des ressources:** Mise en œuvre d'algorithmes pour optimiser l'utilisation des serveurs et des réseaux.

Projet NATICK: Datacenter
sous l'eau



Datacenter flottant sur l'eau



Le Cloud Vert



- Le cloud vert est un enjeu majeur pour l'avenir du numérique.
- En adoptant des pratiques respectueuses de l'environnement, les entreprises peuvent contribuer à la lutte contre le changement climatique tout en réduisant leurs coûts.



Edge Computing





IoT & Cloud Computing

- L'Internet of Things (IoT) fait référence à un réseau d'appareils physiques (“objets”) équipés de capteurs, de logiciels et d'autres technologies pour se connecter et échanger des données entre eux ainsi qu'avec d'autres dispositifs et systèmes sur Internet
- L'IoT joue un rôle crucial dans le cloud computing en générant de grandes quantités de données qui nécessitent des capacités de stockage et de traitement évolutives.
- Le cloud computing fournit l'infrastructure nécessaire pour gérer ces données de manière efficace, permettant des analyses et des prises de décisions.





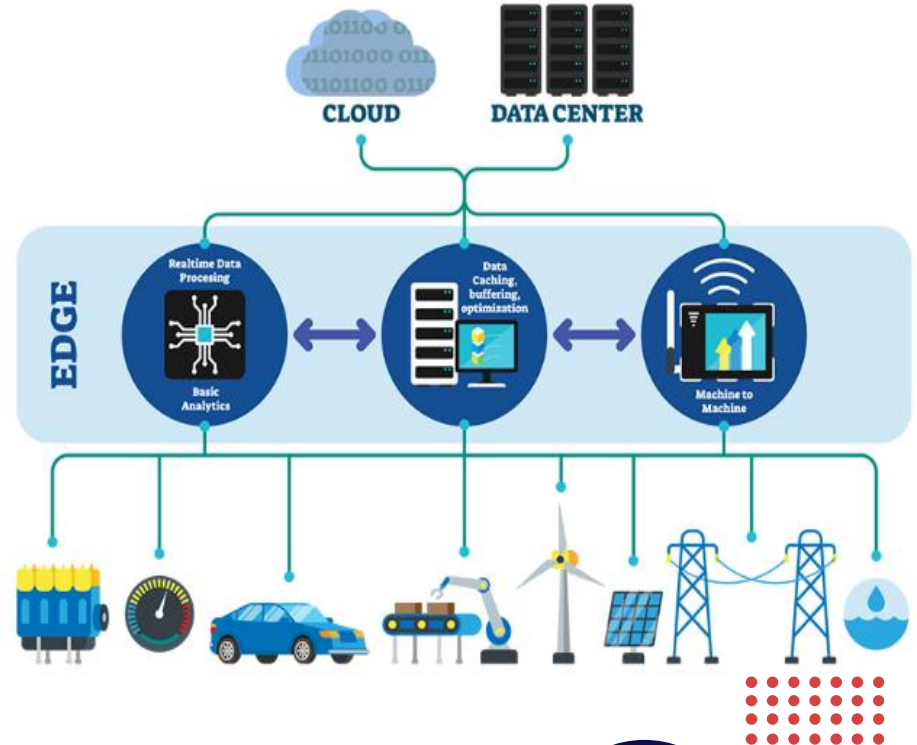
IoT & Cloud Computing

- Certaines applications IoT sont sensibles à :
 - La confidentialité des données privées
 - Le problème de latence
 - Le problème de bande passante



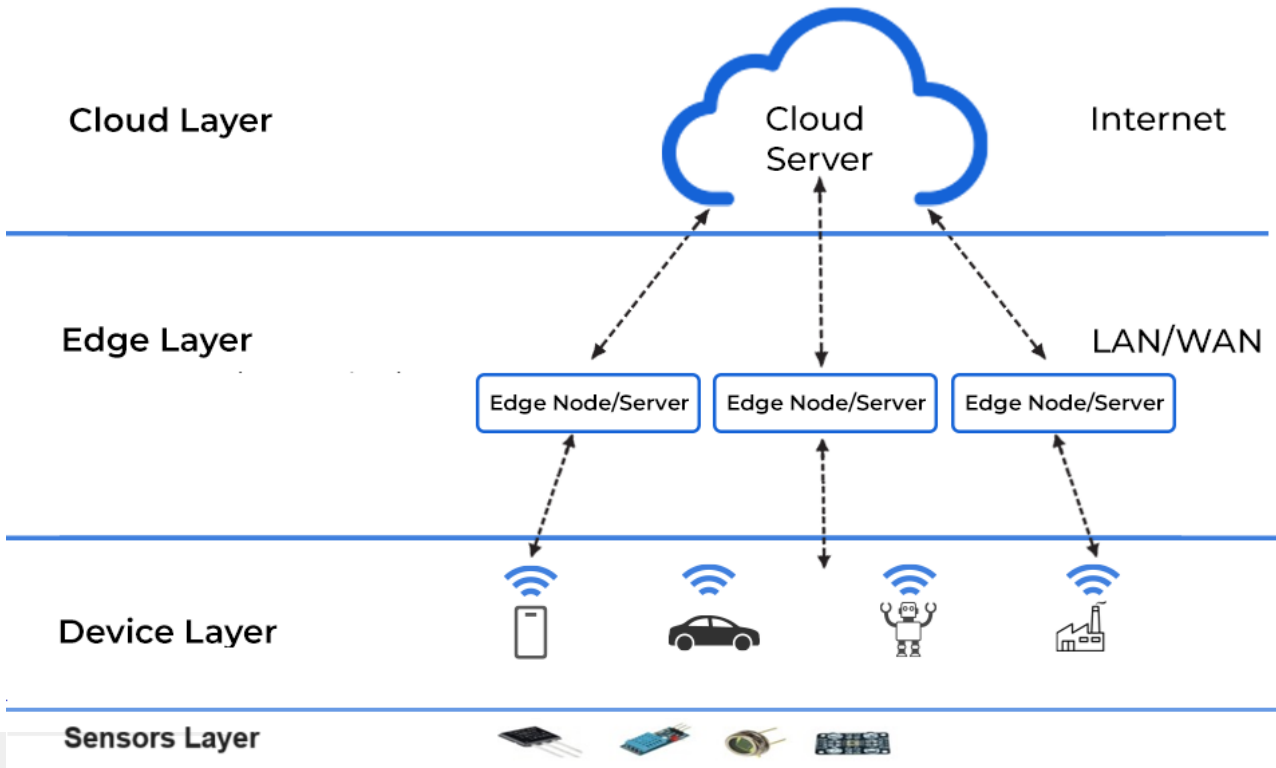
Edge Computing

- L'Edge Computing repose sur une plateforme virtualisée
- EC consiste à traiter les données directement sur les périphériques ou à proximité de la source de données, plutôt que de les envoyer à un centre de données centralisé ou au Cloud
- Les dispositifs locaux, comme les capteurs, les caméras ou les appareils IoT, ou smartphone, serveurs de faible capacité effectuent le traitement sans avoir à utiliser des serveurs cloud.



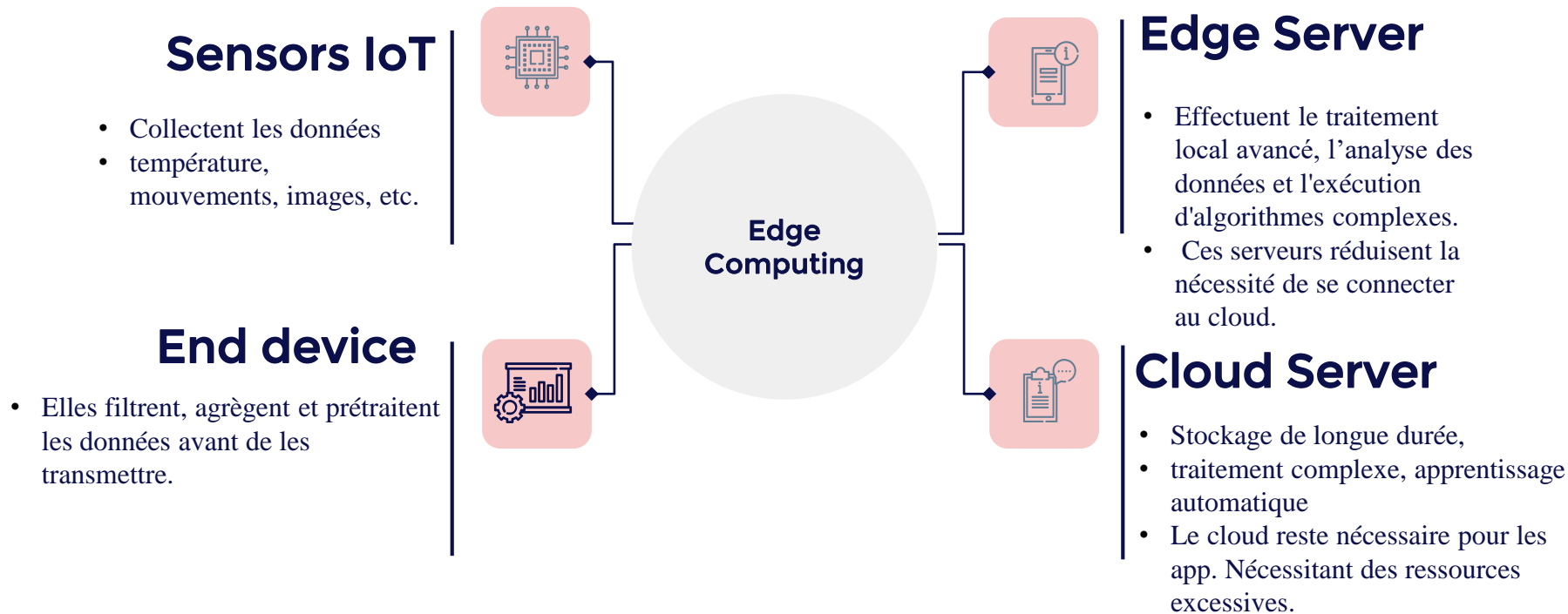


Architecture Edge Computing

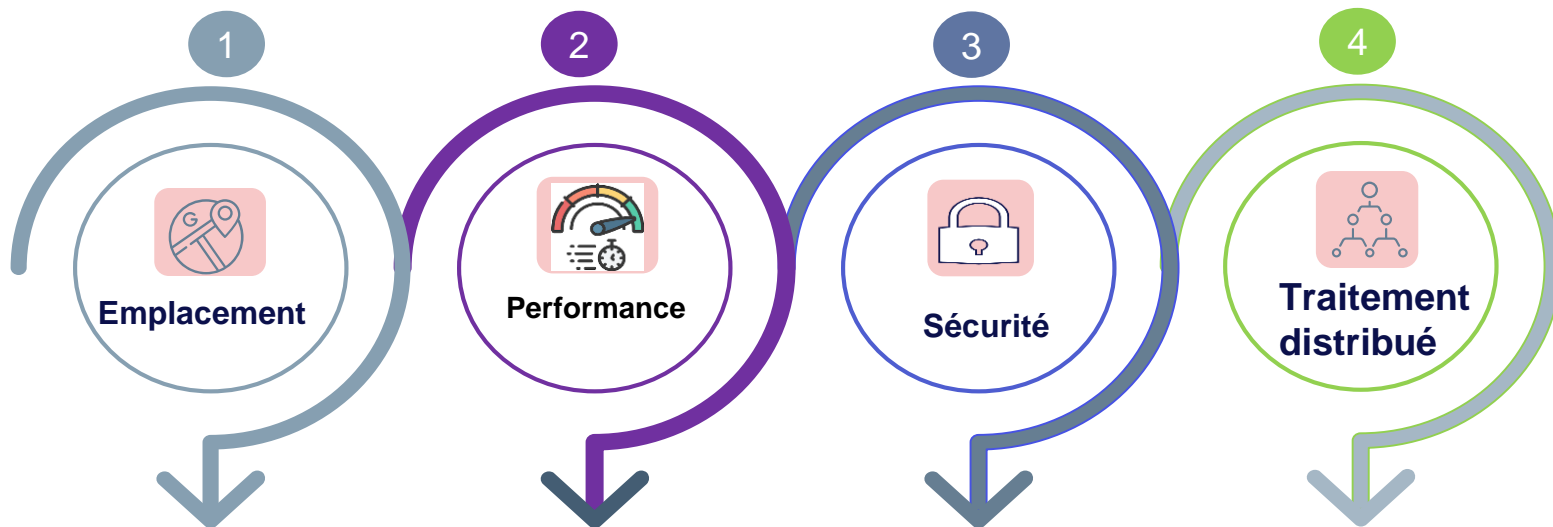




Architecture Edge Computing



Caractéristiques de l'Edge Computing



Domaine d'utilisation

■ Internet des Objets (IoT)

- **Surveillance intelligente** : Dans les systèmes de sécurité résidentielle ou industrielle, l'edge computing permet le traitement des flux vidéo localement pour une détection immédiate des mouvements ou des intrusions, sans dépendre d'une connexion constante au cloud.
- **Gestion de l'énergie** : Les dispositifs de gestion intelligente de l'énergie utilisent l'edge computing pour analyser en temps réel les données de consommation des appareils domestiques ou industriels, optimisant ainsi l'utilisation de l'énergie sans envoyer toutes les données au cloud.





Domaine d'utilisation

■ Automobiles et Transport

- **Véhicules autonomes** : Les voitures autonomes utilisent l'edge computing pour traiter localement les données issues des capteurs et des caméras, permettant une prise de décision rapide nécessaire à la sécurité et à l'efficacité du véhicule.
- **Gestion du trafic** : Les systèmes de gestion du trafic urbain peuvent utiliser l'edge pour analyser les données de multiples capteurs et caméras en temps réel, améliorant la signalisation et la gestion des flux de véhicules.



Domaine d'utilisation

■ E-Santé

- Surveillance médicale à distance : Les dispositifs de surveillance de la santé équipés de capacités d'edge computing peuvent analyser les signes vitaux en temps réel, alertant immédiatement le personnel médical en cas d'anomalie détectée.
- Assistance chirurgicale : Dans les opérations chirurgicales, l'edge computing peut traiter les données des instruments médicaux en temps réel pour fournir une assistance instantanée au chirurgien sans délai.

■ Agriculture

- L'edge computing permet de traiter les données des capteurs de champ (humidité, température, qualité du sol) sur place pour optimiser l'irrigation, la fertilisation et la gestion des cultures, personnalisées pour chaque section du champ.



Étude de Cas : Optimisation de la Gestion du Trafic dans une Ville Intelligente via l'Edge Computing

- Imaginons une ville intelligente qui utilise l'Edge Computing pour optimiser la gestion du trafic .



Capteurs IoT

- **Type de Capteurs** : Caméras de surveillance et capteurs de présence installés aux intersections clés de la ville.
- les capteurs détectent le nombre de véhicules présents à chaque intersection et la densité du trafic en temps réel.
- Ils jouent un rôle crucial dans la collecte de données précises et actualisées qui sont essentielles pour une gestion proactive du trafic.





End device

- Ce sont des passerelles locales qui servent à agréger les données envoyées par les capteurs.
- Elles filtrent et réduisent les données pour ne conserver que les informations pertinentes, éliminant ainsi les redondances.
- Une passerelle peut être programmée pour analyser le flux de véhicules toutes les 30 secondes, fournissant des données consolidées aux serveurs edge pour un traitement ultérieur.





Serveurs Edge

- Les serveurs edge analysent les données filtrées pour identifier des tendances et des modèles dans le trafic.
- Ils ajustent dynamiquement les paramètres des feux de circulation pour améliorer le flux de trafic ou pour répondre rapidement à des conditions changeantes.
- En cas de détection d'un embouteillage certain, les serveurs edge peuvent modifier les cycles des feux de circulation pour allonger le feu vert sur une voie congestionnée et réduire les temps d'attente sur les autres.





Cloud computing

- Le cloud sert à stocker les données historiques et à effectuer des analyses nécessitant plus ressources.
- Il aide les planificateurs urbains à comprendre les modèles de trafic sur des périodes prolongées et à prendre des décisions éclairées sur l'urbanisme et l'amélioration des infrastructures.
- Analyse des données de trafic sur plusieurs mois pour identifier les intersections les plus problématiques et planifier des modifications structurelles ou l'installation de nouveaux équipements.



Fonctionnement générale



- **Traitement local dans les nœuds du edge**

- **Réception des données**

- ✓ Les nœuds de edge reçoivent des données en temps réel provenant de divers périphériques d'extrémité, comme des capteurs, des caméras et d'autres dispositifs IoT (mesures de température, vidéo, images, données GPS, fréquence cardiaque, etc).

- **Traitement initial local**

- ✓ Il peut inclure des tâches telles que le filtrage des données, l'analyse préliminaire, la compression des données et la détection d'événements critiques
- ✓ cela permet de réduire la latence, ce qui est essentiel pour les applications nécessitant une réponse immédiate, comme les systèmes de sécurité ou les réponses aux conditions de trafic en temps réel.

- **Décisions locales**

- ✓ Sur la base de l'analyse préliminaire, les nœuds de edge peuvent prendre des décisions autonomes ou exécuter des actions sans nécessiter une connexion au cloud.



- ✓ Par exemple, un nœud de edge dans un système de surveillance peut déclencher une alerte si une activité suspecte est détectée, sans avoir à attendre la confirmation du cloud.

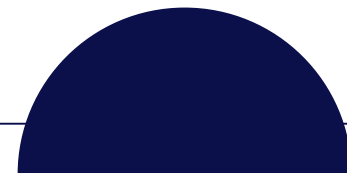


Fonctionnement général



■ Traitement dans le cloud

- **Envoi de données pour un traitement approfondi**
 - ✓ toutes les données collectées et traitées localement ne sont pas toutes envoyées au cloud.
 - ✓ Cependant, pour les données qui requièrent une analyse plus complexe ou pour une agrégation à long terme, les données pertinentes sont envoyées au cloud.
 - ✓ L'envoi de données est souvent effectué de manière sélective pour optimiser la bande passante et réduire les coûts de transmission.
- **Synchronisation avec le cloud**
 - ✓ Les nœuds de edge communiquent avec le cloud pour mettre à jour les modèles d'analyse, télécharger les mises à jour de logiciels, ou pour la synchronisation des données qui doivent être partagées ou stockées à long terme.
 - ✓ Cette interaction est cruciale pour maintenir l'efficacité et la précision des opérations de traitement au niveau des nœuds frontières edge tout en bénéficiant des ressources massives et des capacités de calcul du cloud.





Edge Computing vs Cloud Computing

Edge Computing

- ✓ Traitement directement au niveau des dispositifs ou à proximité immédiate
- ✓ Réduit le besoin de communication avec le cloud ou les serveurs intermédiaires.

Cloud Computing

- ✓ Traitement des données centralisé dans des centres de données distants accessibles via Internet.

Fog Computing



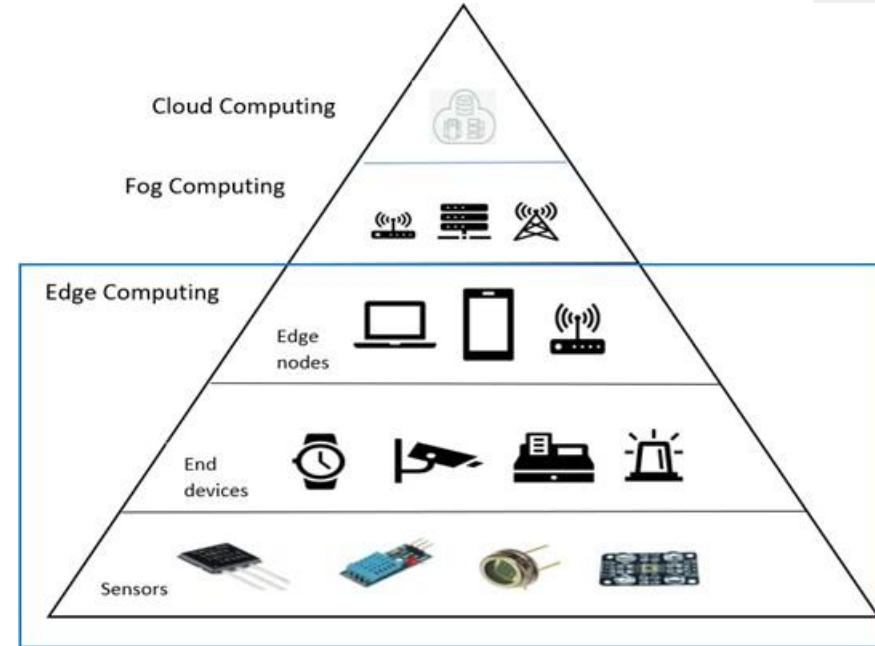
Fog Computing

- Le Fog Computing est une architecture de traitement distribué qui étend les capacités de calcul, de stockage et de réseau de l'Edge Computing vers des ressources supplémentaires localisées entre l'Edge et le Cloud
- Le concept de Fog Computing a été introduit par Cisco en 2012 pour permettre aux applications IoT de fonctionner directement au niveau des nœuds réseau (**network node**)
- Les dispositifs Fog comprennent des ordinateurs complets intégrés sur une seule carte de circuit imprimé (single board computers SBCs), des dispositifs réseau (commutateurs, passerelles, routeurs), des stations de base, des points d'accès sans fil/câblés, des réseaux LAN, etc.
- Le Fog computing repose sur une plateforme virtualisée

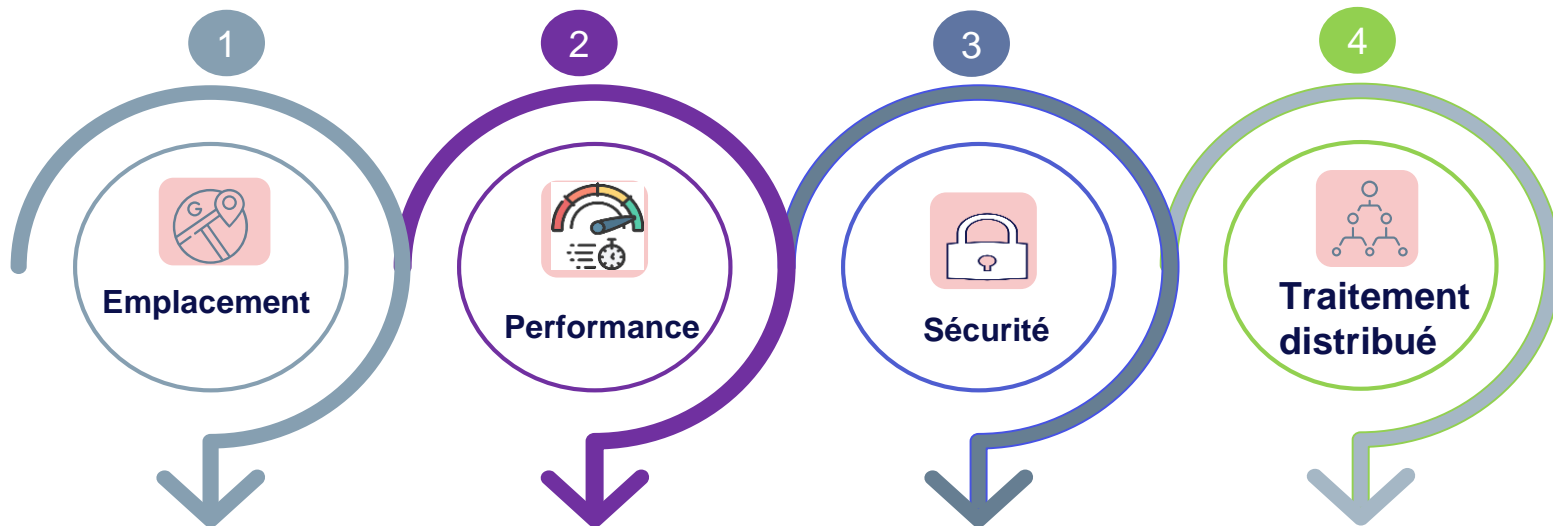


Architecture du Fog Computing

- Les nœuds de fog sont des dispositifs situés entre les périphériques d'extrémité et le cloud
- Ils traitent les données provenant des périphériques d'extrémité, exécutent des applications, stockent des données temporaires, et prennent des décisions rapides.
- Les données et les insights générés localement peuvent être synchronisés avec le cloud pour une consolidation, une analyse plus approfondie, ou pour être partagés à travers une organisation plus large.



Caractéristiques de Fog Computing





Edge Computing vs Cloud Computing

Fog Computing

- ✓ Traitement intermédiaire entre l'Edge et le Cloud.
- ✓ Optimise le traitement local tout en permettant l'envoi au Cloud pour des tâches plus complexes.

Cloud Computing

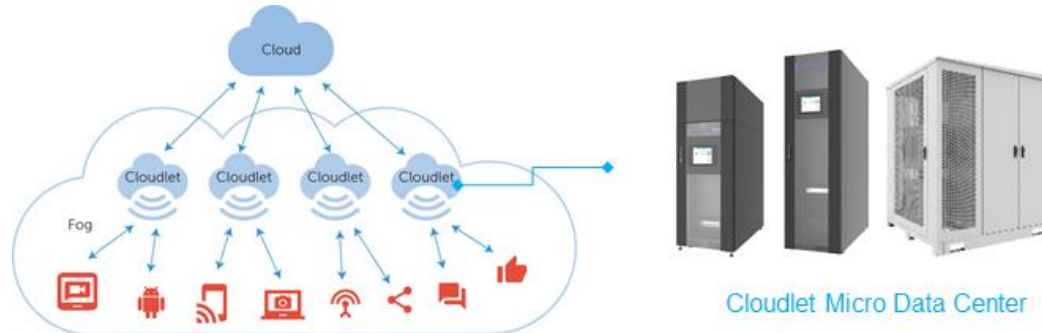
- ✓ Traitement centralisé dans des centres de données distants.
- ✓ Adapté pour le stockage massif et les analyses intensives nécessitant de grandes ressources.

Cloudlet



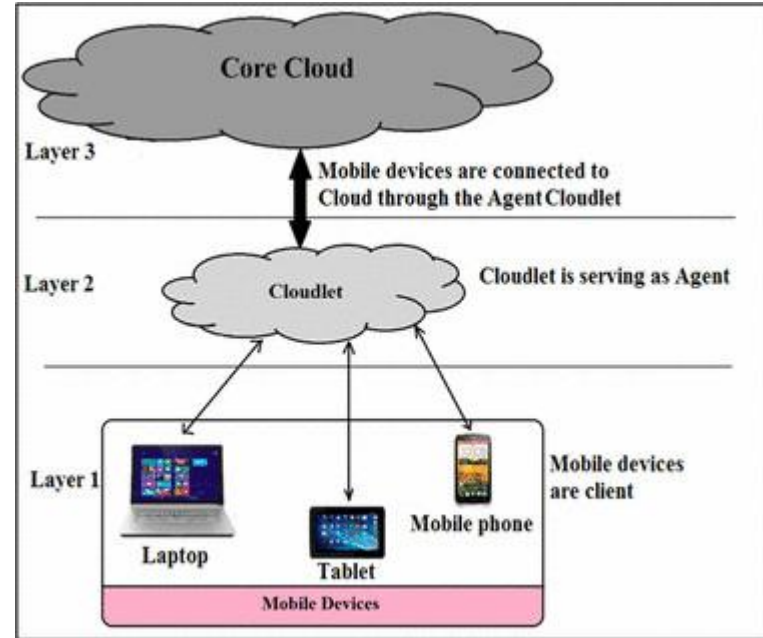
Cloudlet

- Les appareils mobiles et IoT ont souvent des ressources limitées (comme la puissance de calcul, la mémoire et l'autonomie de la batterie).
- Les cloudlets servent de relais lorsque certaines tâches exécutées en local nécessitent des ressources supplémentaires
- Les tâches lourdes de l'appareil local sont déplacés vers une ressource plus puissante située dans le Cloudlet (offloading)

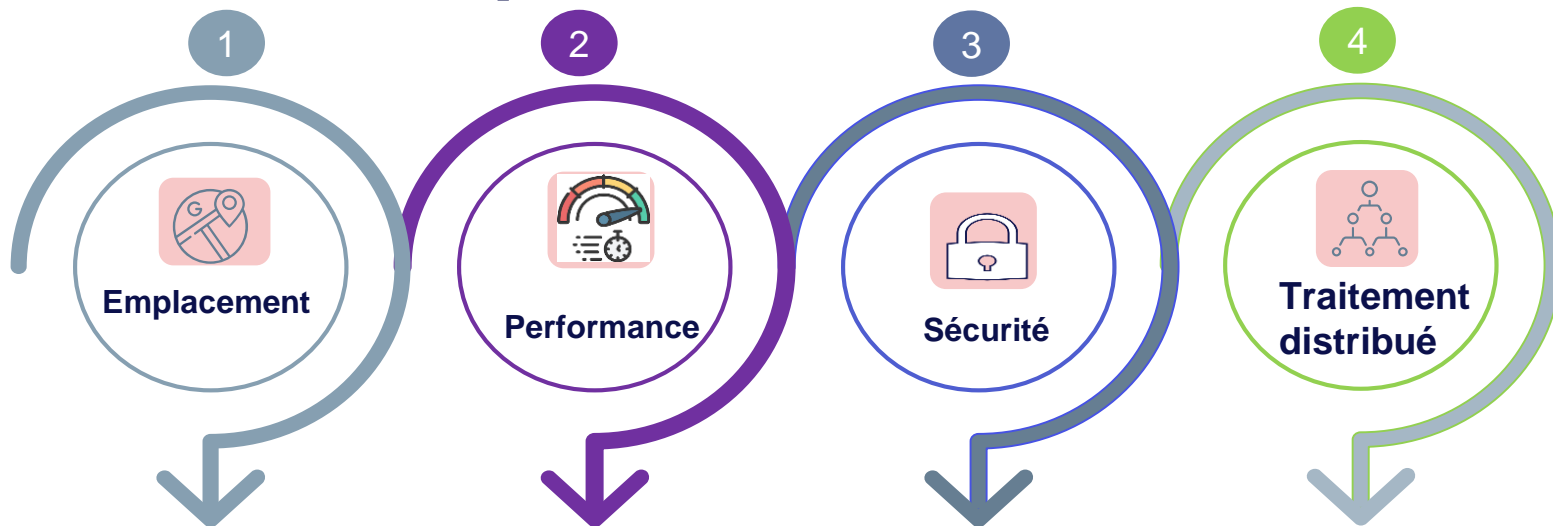


Architecture cloudlet

- Un Cloudlet est une petite infrastructure Cloud déployée localement, souvent à proximité de l'utilisateur, qui fournit des ressources de calcul, de stockage et de réseau pour des applications mobiles ou IoT.
- C'est comme un mini-Cloud local qui agit comme un point d'accès entre le Cloud et les périphériques.
- Il peut s'agir d'un petit serveur ou d'une série de serveurs placés dans des endroits stratégiques qui fournissent des ressources informatiques supplémentaires pour compléter les capacités de l'appareil local
- Exemple : les stations de base de télécommunication ou des centres de données locaux.



Caractéristiques



- Les Cloudlets sont situés à proximité des dispositifs IoT
- Le traitement et stockage plus proches des appareils périphériques

- BP importante
- Latence faible
- Les Cloudlets sont connectés à des réseaux à haut débit (comme la 4G, la 5G, ou des réseaux fibre optique (rapidité et fiabilité))
- une mise à l'échelle rapide en ajoutant des ressources matérielles ou logicielles.

- Les données sensibles ne sont pas émis vers les serveurs cloud, pas de risque d'interception ou de fuite d'informations.

- La charge de traitement, de stockage et les applications est répartie en les nœuds frontière (locaux), et les serveurs cloudlet
- Optimisation des ressources cloud

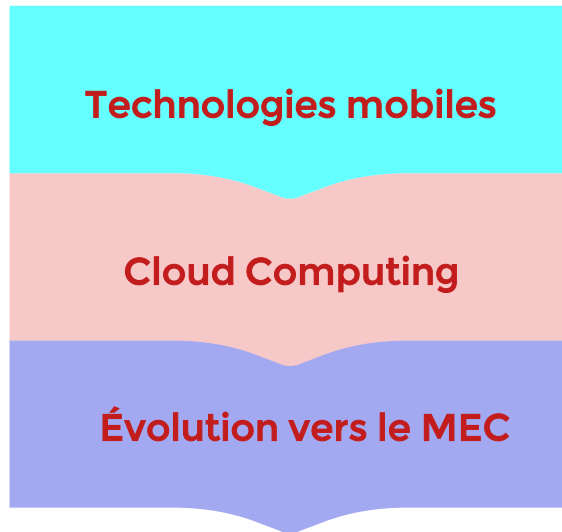


Mobile Edge Computing



Mobile Edge Computing

- L'évolution des appareils mobiles a commencé dans les années 1970 avec les premiers téléphones cellulaires.
- À partir des années 2000, les smartphones ont émergé, permettant l'accès à Internet et à des applications.

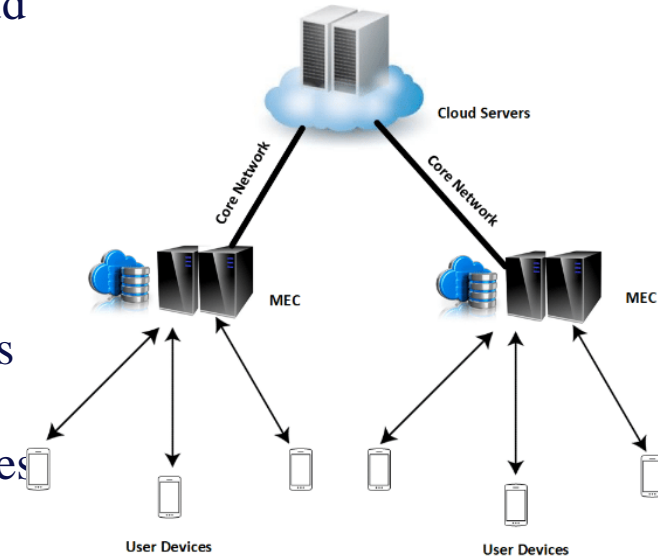


- L'intégration du cloud avec les appareils mobiles a émergé comme une solution pour compenser les limitations des smartphones en termes de puissance de calcul et de capacité de stockage.
- MEC repose sur une plateforme virtualisée



Mobile Edge Computing

- Le Mobile Edge Computing (MEC) est une solution cloud qui se concentre spécifiquement sur les environnements mobiles,
- Le concept de Mobile Edge Computing (MEC) a été standardisé par l'Institut Européen des Normes de Télécommunication (ETSI).
- Le traitement des données et les services sont en déplacés plus près des utilisateurs finaux, souvent sur des **stations de base** des opérateurs de télécommunications (comme les antennes 5G ou les points d'accès mobiles).
- Son objectif est d'apporter les capacités du mobile et du Cloud Computing au sein du Edge du réseau mobile, à proximité des abonnés mobiles



Fonctionnement du MEC



■ Traitement local dans les nœuds MEC

- **Interaction avec l'Utilisateur via l'Appareil Mobile**

- ✓ L'utilisateur interagit avec une **application mobile**.
- ✓ L'application peut être un navigateur, une application dédiée, ou un service de stockage basé sur le cloud.
- ✓ **Exemple** : Une application eHealth pour récupérer les constantes d'un patient.

- **Réception des données**

- ✓ Les nœuds MEC reçoivent des données en temps réel provenant de divers périphériques d'extrémité, comme des capteurs, des caméras et d'autres dispositifs IoT (mesures de température, vidéo, images, données GPS, fréquence cardiaque, etc.)

- **Traitement initial local**

- ✓ Il peut inclure le prétraitement des données, la compression des données, l'analyse des données

- **Décisions locales**

- ✓ Sur la base de l'analyse préliminaire, les nœuds MEC peuvent prendre des décisions autonomes ou exécuter des actions sans nécessiter une connexion au cloud.

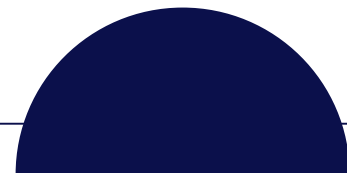


Fonctionnement du MEC

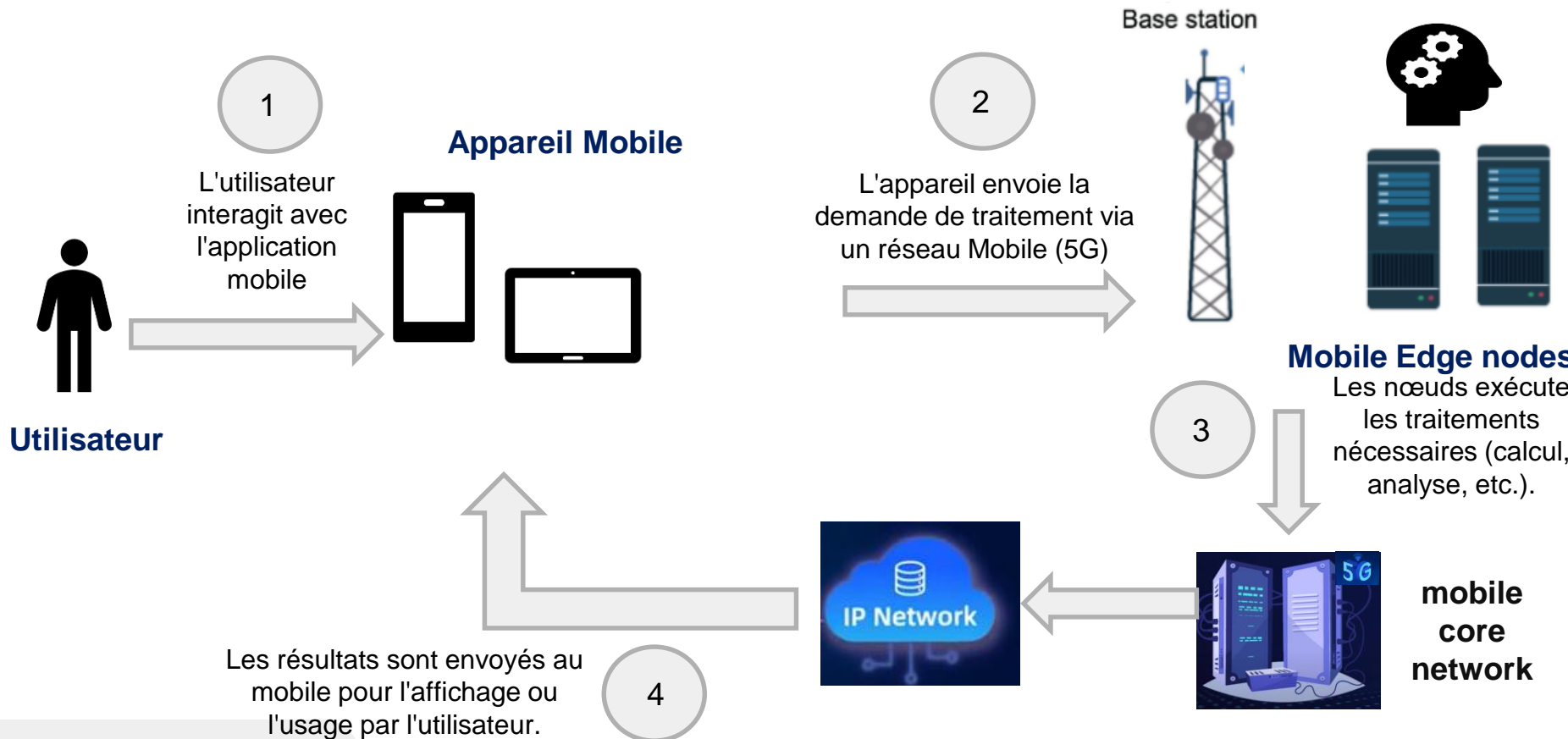


- **Traitement dans le cloud**

- **Envoi de données pour un traitement approfondi**
 - ✓ Pour les données qui requièrent une analyse plus complexe ou pour une agrégation à long terme, les données pertinentes sont envoyées au cloud.
- **Synchronisation avec le cloud**
 - ✓ Les nœuds MEC communiquent avec le cloud pour mettre à jour les modèles d'analyse, télécharger les mises à jour de logiciels, ou pour la synchronisation des données qui doivent être partagées ou stockées à long terme.

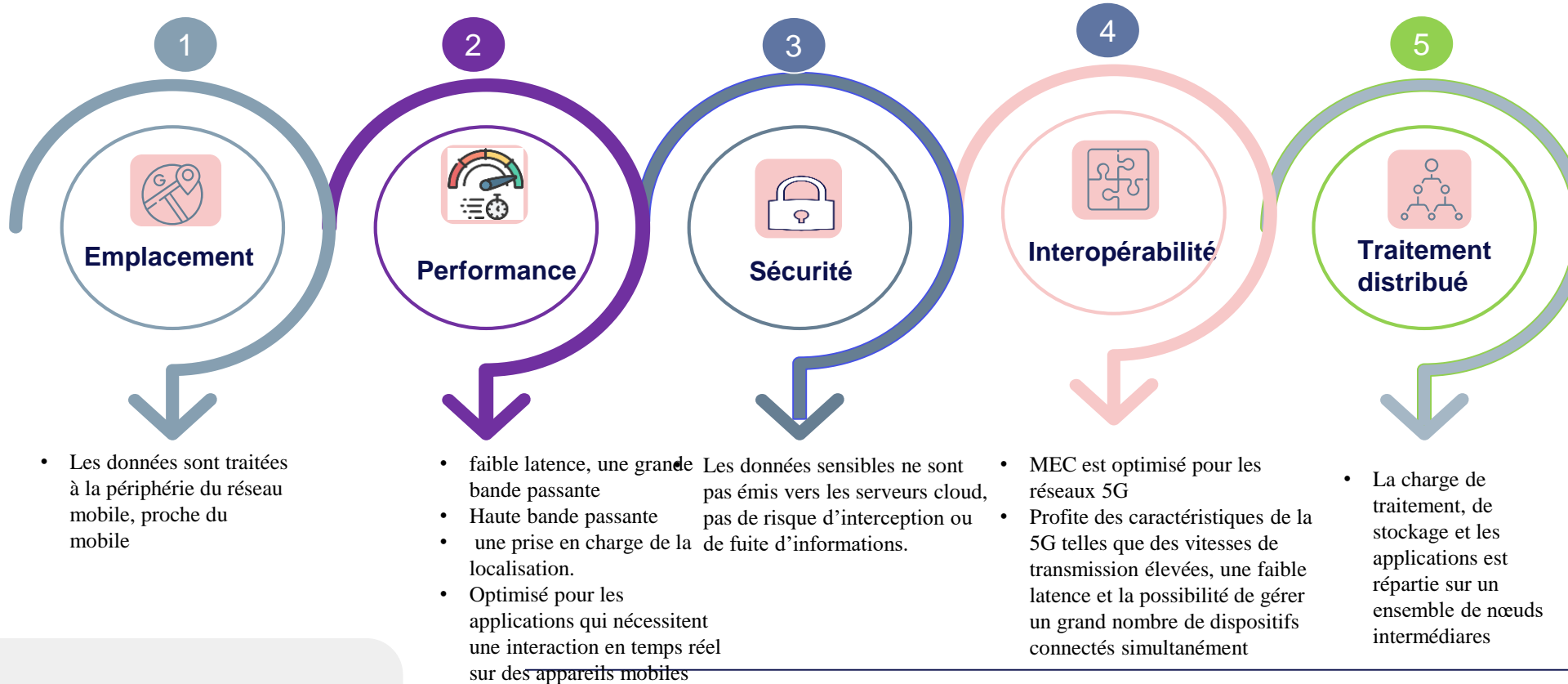


Fonctionnement du MEC





Caractéristiques du MEC

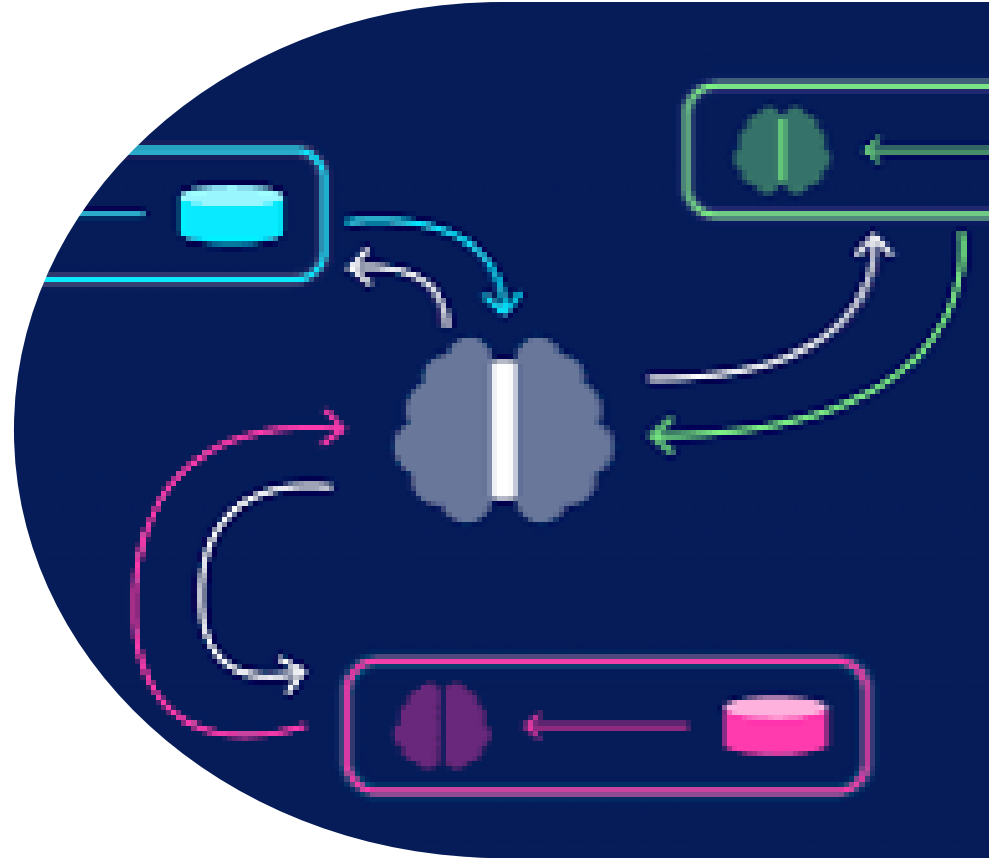




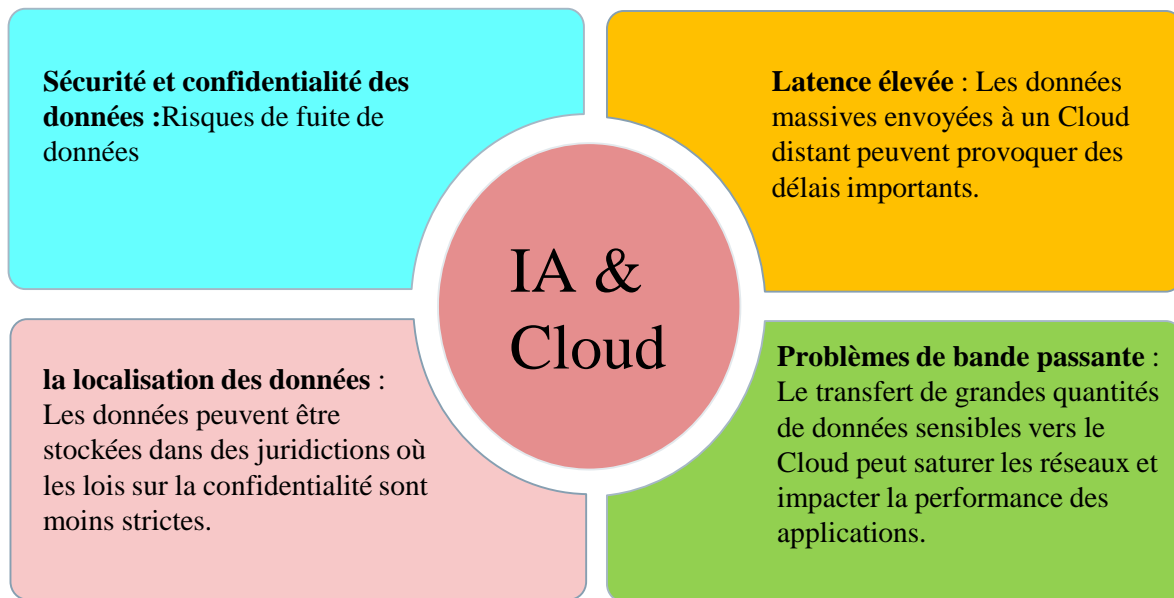
Cloud, Edge et Cloud Computing

Caractéristique	Cloud Centralisé	Edge Computing	Fog Computing	Cloudlets	MEC
Lieu de traitement	Data centers distants	Près de la source des données (périphérie du réseau)	Entre le cloud et l'edge	Mini-data centers virtuels à la périphérie	À la périphérie des réseaux mobiles
Latence	Élevée	Très faible	Faible	Très faible	Très faible
Bande passante	Variable	Variable+	Variable+	Variable+	Très élevée
Évolutivité	Très élevée	Moyenne à élevée	Moyenne à élevée	Moyenne à élevée	Élevée
Complexité de gestion	Faible	Élevée	Élevée	Moyenne	Moyenne à élevée
Coûts	Variables, dépend de l'utilisation	Coûts d'infrastructure initiaux élevés	Coûts intermédiaires	Coûts variables selon le déploiement	Coûts liés à l'infrastructure mobile
Sécurité	Risques liés aux attaques à grande échelle	Risques liés à la distribution et à la gestion de nombreux appareils	Risques similaires à l'edge	Risques similaires à l'edge	Risques spécifiques aux réseaux mobiles
Cas d'utilisation	Applications traditionnelles, SaaS, stockage de données	IoT, réalité augmentée, véhicules autonomes, villes intelligentes	IoT industriel, vidéosurveillance, automatisation industrielle	Applications mobiles à faible latence, jeux en ligne, réalité virtuelle	Applications mobiles 5G, réalité augmentée, véhicules connectés

Cloud Computing & IA



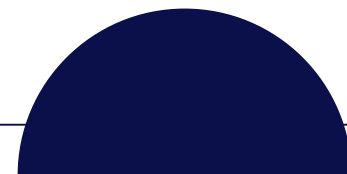
Traitement des données sur le cloud



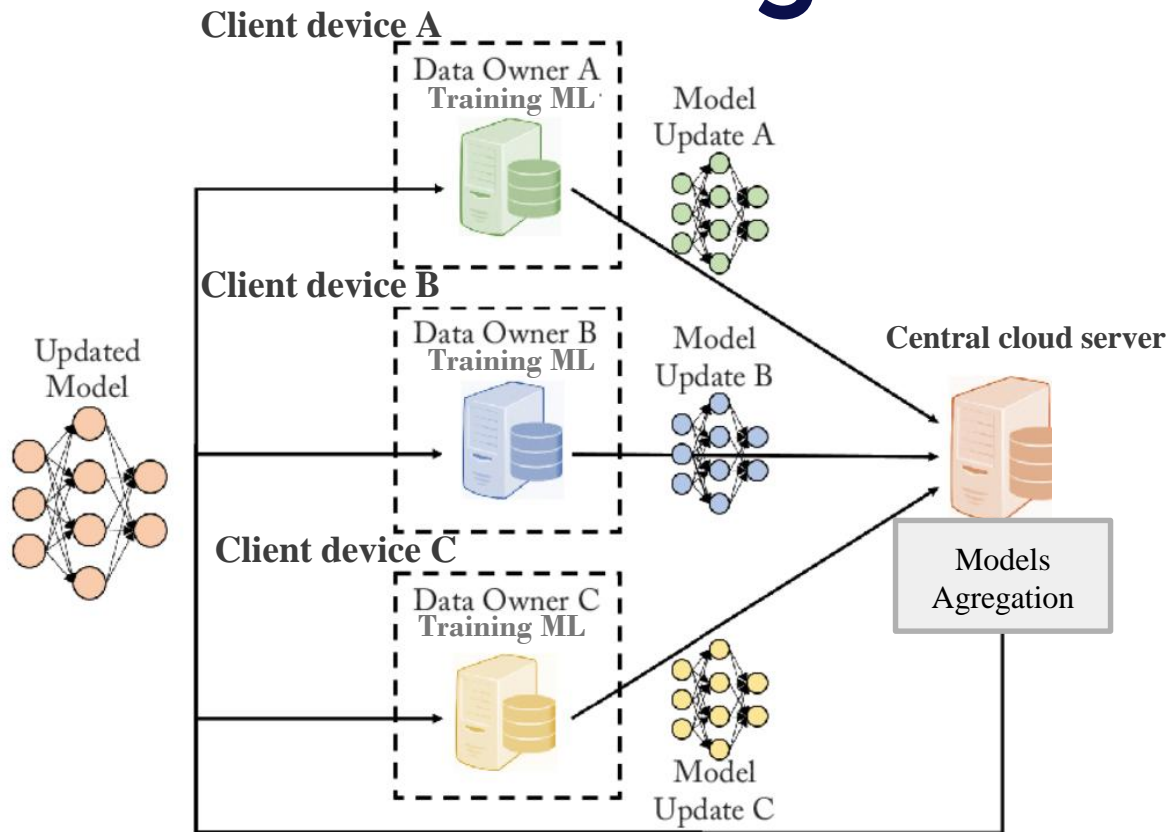
Federated Learning



- FL est une est une approche d'apprentissage automatique permettant de créer des modèles personnalisés sans transférer les données vers le cloud et en utilisant des serveurs moins puissants.
- Cette méthode traite les données localement afin de renforcer la confidentialité des utilisateurs.
- Federated Learning est une approche où le modèle est entraîné de manière distribuée sur plusieurs appareils/serveurs sans échanger les données brutes.



Federated Learning



Architecture de base du Federated Learning

■ Client devices

- ✓ Les appareils clients sont les nœuds frontières
- ✓ Ils contiennent les données locales qui sont utilisés pour entraîner le modèle d'apprentissage automatique.
- ✓ Ces appareils peuvent être des téléphones mobiles, des ordinateurs portables, des dispositifs IoT ou tout autre appareil capable d'exécuter un algorithme d'apprentissage automatique.
- ✓ Dans l'apprentissage fédéré, les données restent sur les appareils clients, et l'algorithme s'exécute localement sur chaque appareil.



Architecture de base du Federated Learning

■ Central server

- Le serveur central agit en tant que coordinateur et agrégateur pour le processus d'entraînement.
- Il est responsable de la gestion du processus d'entraînement, de l'agrégation des mises à jour du modèle provenant des appareils clients, et de l'envoi du modèle mis à jour vers les appareils.
- Le serveur peut également effectuer des tâches supplémentaires, telles que l'initialisation du modèle et sa distribution aux appareils clients.



Architecture de base du Federated Learning

- **Modèle d'apprentissage automatique**

- ✓ Le modèle d'apprentissage automatique est l'algorithme utilisé pour apprendre à partir des données sur les appareils clients.
- ✓ Le modèle peut être tout type d'algorithme d'apprentissage supervisé ou non supervisé, comme les réseaux neuronaux, les arbres de décision, ou la régression logistique.
- ✓ Le modèle est entraîné sur les données locales



Fonctionnement du Federated Learning

Étape 1 : Envoi du modèle initial aux clients

- Un serveur central envoie une version initiale du modèle à plusieurs clients (par exemple, des appareils mobiles ou des serveurs locaux).
- Ce modèle initial peut être une version non entraînée ou préalablement entraînée sur un petit ensemble de données globales.
- Distribuer une base commune à partir de laquelle chaque client pourra affiner le modèle en fonction de ses données locales.



Fonctionnement du Federated Learning

Étape 2 : Chaque client entraîne le modèle localement

- Chaque client utilise ses propres données locales pour entraîner le modèle.
- Les données ne sont pas transmises au serveur central.
- Le modèle est ajusté en fonction des données spécifiques du client.
- Chaque client effectue plusieurs itérations d'entraînement (par exemple, quelques époques) pour améliorer le modèle selon ses propres besoins.



Fonctionnement du Federated Learning

Étape 3 : Agrégation des paramètres (moyenne pondérée)

- Une fois l'entraînement local terminé, chaque client envoie uniquement les propriétés du modèle (par exemple, les poids des neurones, hyperparamètres) au serveur central.
- Le serveur collecte ces mises à jour et les combine pour créer une version améliorée du modèle global.
- Une Méthode d'agrégation est utilisée pour former un nouveau modèle agrégé
- L'algorithme FedAvg (Federated Averaging) est souvent utilisé.
- Il effectue une moyenne pondérée des paramètres en tenant compte du nombre d'exemples utilisés par chaque client.



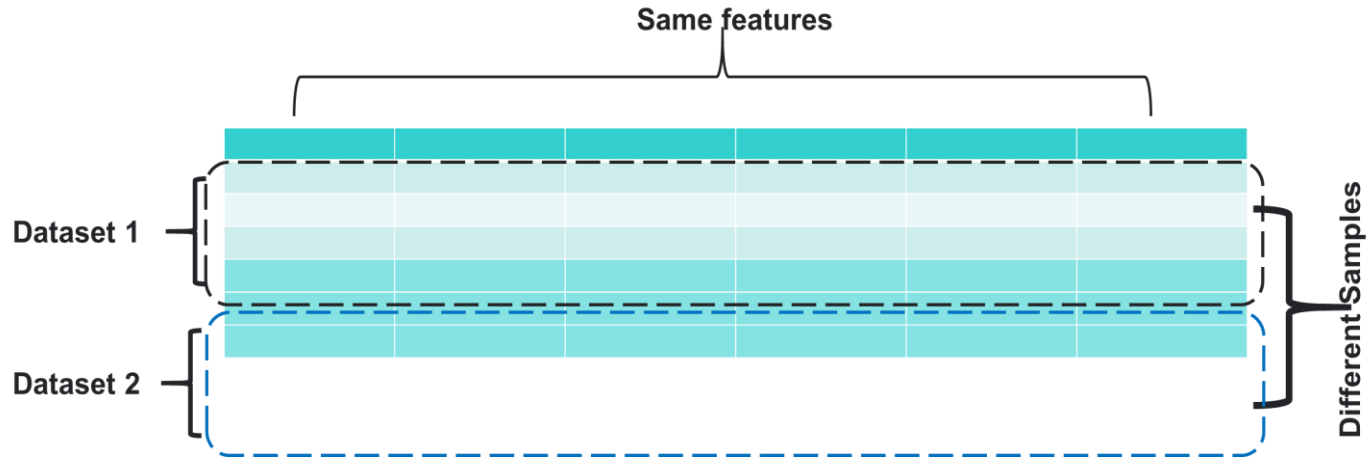
Types de federated learning

- Horizontal Federated Learning
- Vertical Federated Learning
- Transfer Federated Learning



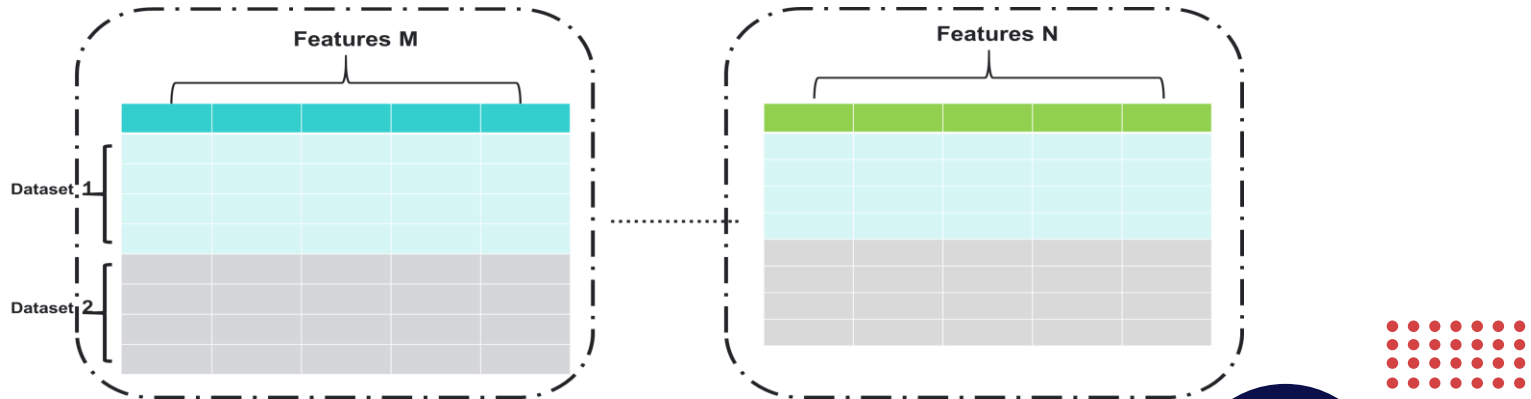
Horizontal Federated Learning

- Les clients possèdent des données ayant des caractéristiques similaires, mais appartenant à des individus ou entités différents.
- Exemple : plusieurs hôpitaux ayant des dossiers médicaux de patients avec les mêmes types de champs (nom, âge, diagnostic).



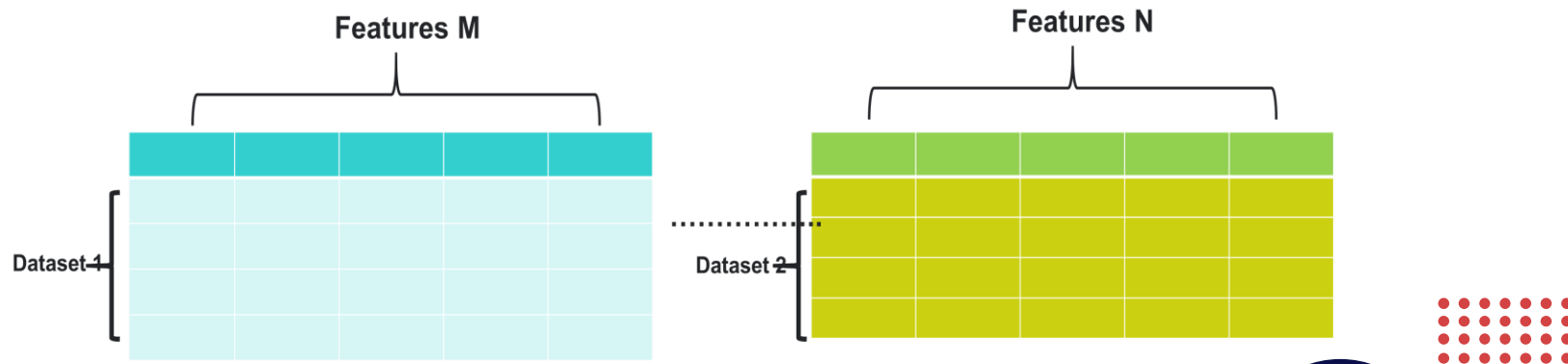
Vertical Federated Learning

- Les clients possèdent des caractéristiques différentes sur les mêmes individus ou entités.
- Exemple : une banque et une compagnie d'assurances qui souhaitent collaborer. La banque a des informations financières, tandis que l'assurance a des données de santé sur les mêmes clients.



Transfer Federated Learning

- Utilise le transfert d'apprentissage pour améliorer le modèle global lorsque les données des clients sont hétérogènes (différentes caractéristiques et distributions).
- Combine des techniques de Federated Learning avec des méthodes de Transfer Learning pour ajuster le modèle selon chaque client.



Techniques de Federated Learning



Federated Averaging

Elle consiste à calculer la moyenne des paramètres (poids) des modèles locaux de chaque participant, en tenant compte du nombre de données locales utilisées pour chaque mise à jour.

Moyenne Simple

C'est une variante simplifiée de FedAvg où les mises à jour des modèles locaux sont simplement moyennées, sans pondération par le nombre de données.

FL Techniques

```
graph TD; A[ ] --- C((FL Techniques)); B[ ] --- C; C --- D[ ]; C --- E[ ]
```

Federated Stochastic Gradient Descent

FedSgd met à jour les paramètres du modèle à chaque itération en utilisant les gradients calculés localement sur les appareils ou serveurs participants.

Moyenne pondérée par la performance

Au lieu de pondérer l'agrégation par le nombre de données, cette méthode pondère les mises à jour des modèles locaux par leurs performances sur un jeu de validation.

