

Cours Internet des Objets (IoT) et Cloud Computing

CH2: Architectures IoT et Cloud Computing

Par:

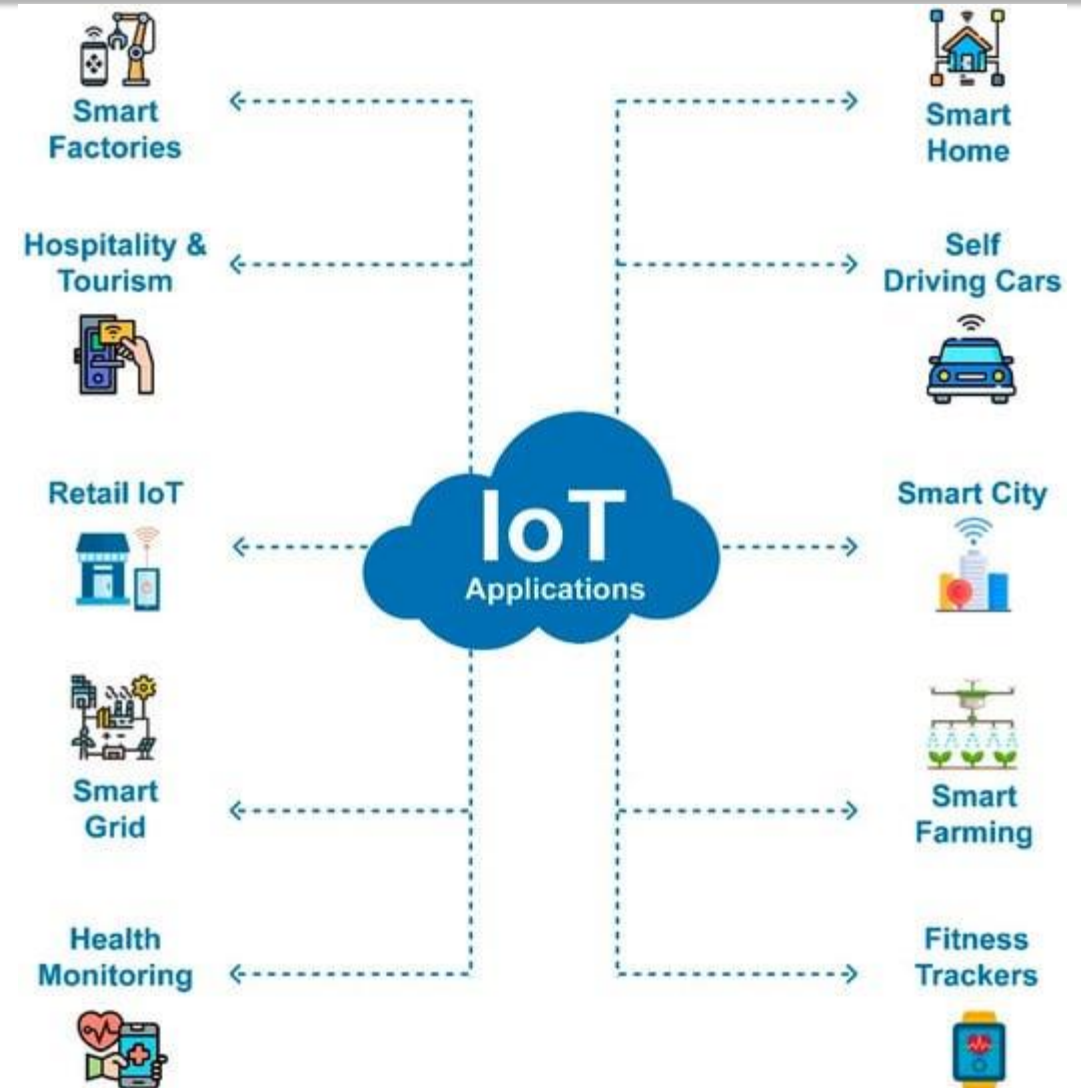
Hassan EL FADIL

elfadil.h@gmail.com

1. Introduction à l'Infrastructure IoT

1.1. Rôle de l'IoT

- L'Internet des Objets (IoT) représente une révolution technologique majeure qui transforme notre façon d'interagir avec le monde physique.
- En combinant des **dispositifs intelligents**, des **réseaux de communication** avancés et des **plateformes cloud** puissantes, l'IoT ouvre de nouvelles possibilités dans de nombreux domaines, de la domotique à **l'industrie 4.0** en passant par la santé et les transports, etc.



1.1. Rôle de l'IoT

L'IoT fait référence à un réseau de dispositifs physiques, tels que des **capteurs**, des **appareils domestiques**, des **véhicules** et d'autres objets, qui sont connectés à Internet et peuvent échanger des données entre eux.

Son importance réside dans **plusieurs aspects** :

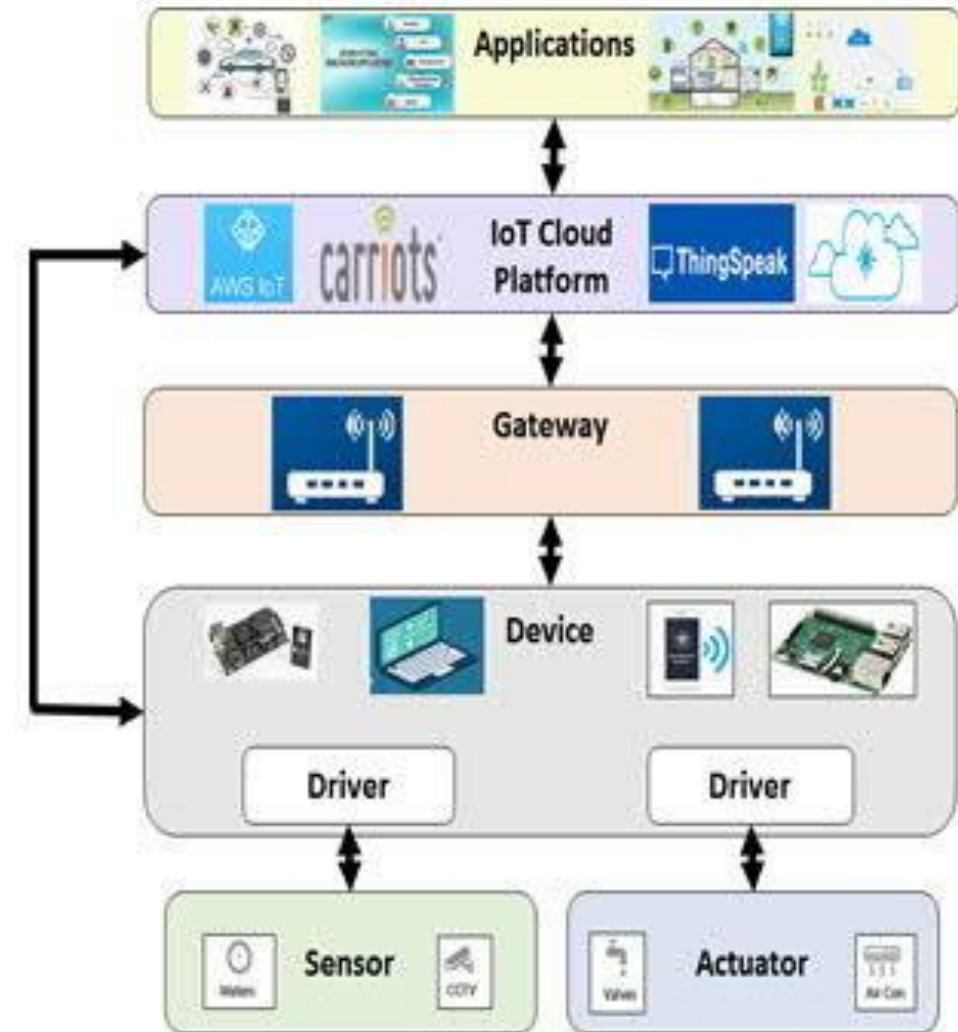
- **Interconnectivité**: L'IoT permet à divers appareils de communiquer entre eux et avec des systèmes centraux.
- **Collecte de données**: Les appareils IoT peuvent collecter une grande quantité de données en temps réel.
- **Automatisation**: L'IoT permet d'automatiser de nombreuses tâches et processus.
- **Surveillance à distance**: Grâce à l'IoT, il est possible de surveiller et de contrôler à distance des appareils et des systèmes.
- **Innovation**: L'IoT ouvre la voie à de nouvelles opportunités d'innovation (produits et services intelligents basés sur les données et les analyses).
- etc.

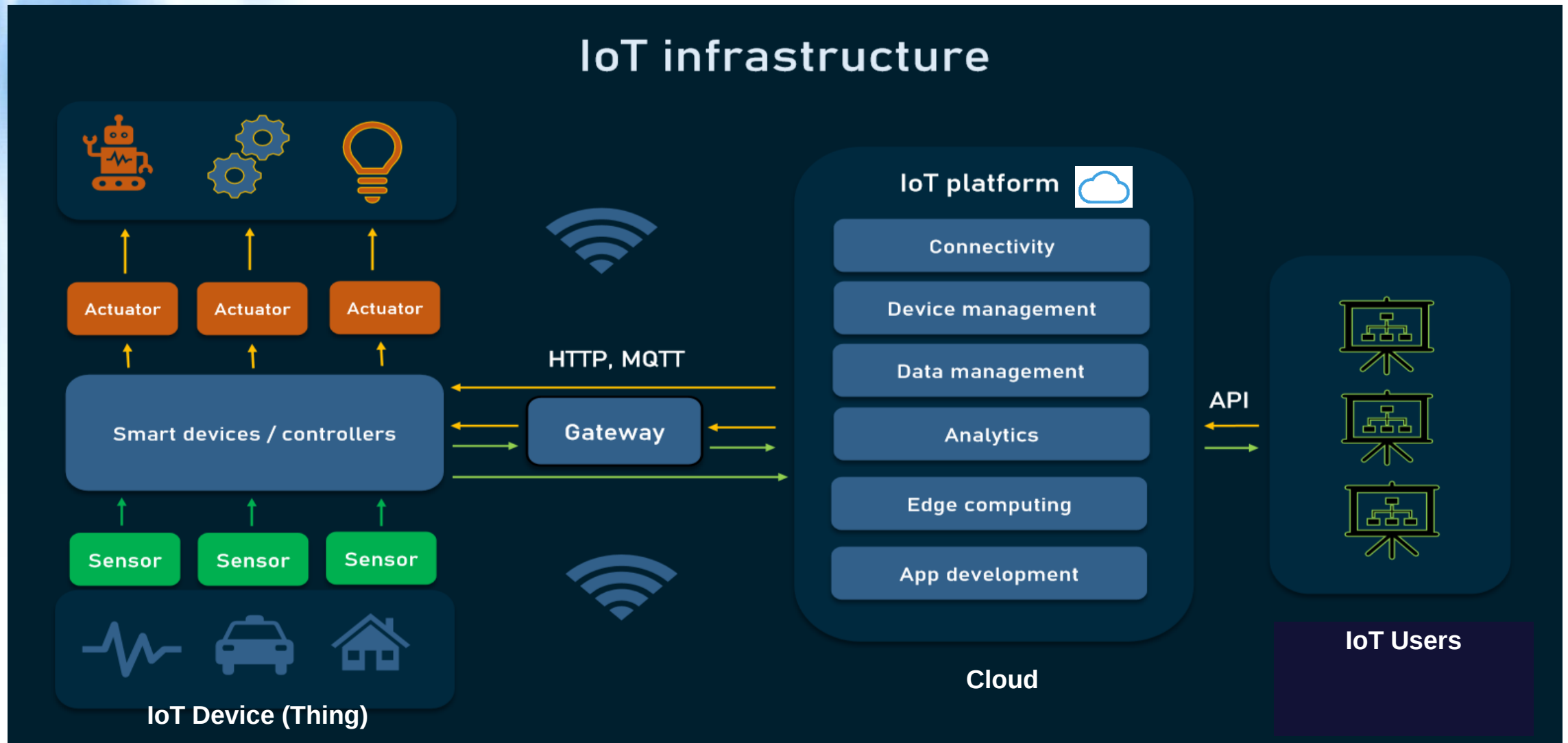


1.2. Les composants d'une infrastructure IoT

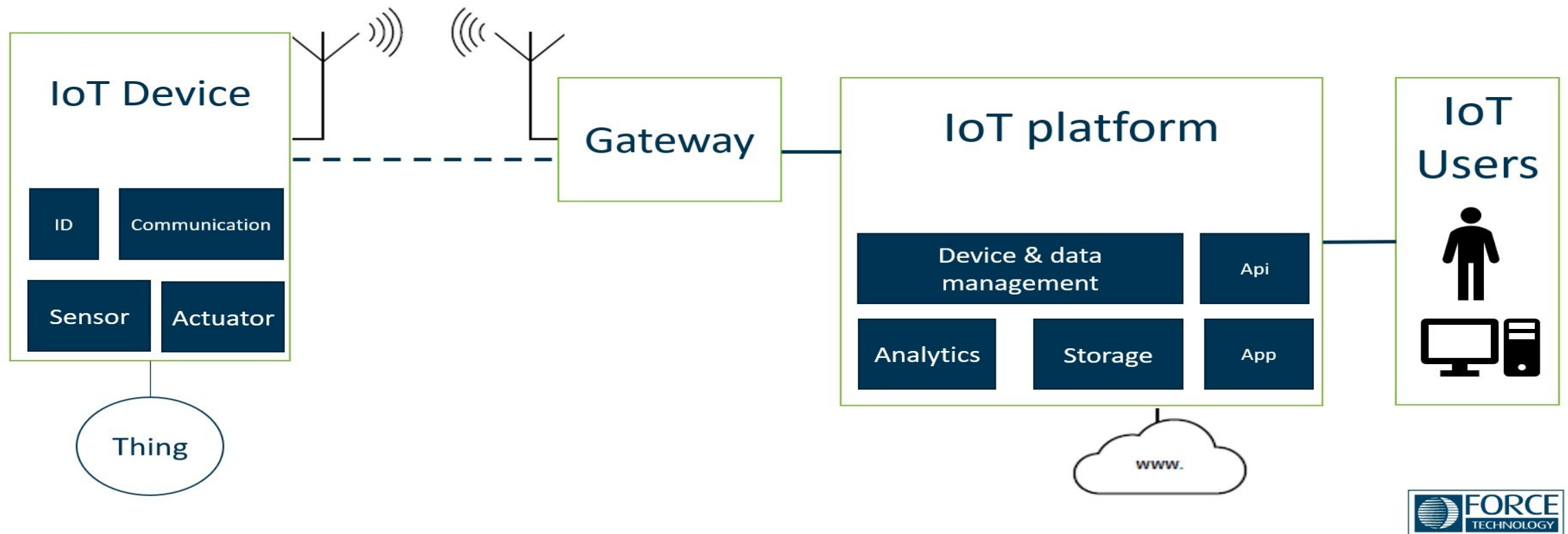
les principaux composants d'une infrastructure IoT sont :

- Appareils IoT (ou objets connectés)
- Réseau de communication
- Protocoles de communication
- Cloud IoT
- Système de gestion des appareils (Device Management)
- Analytique et Intelligence Artificielle (IA)
- Applications IoT



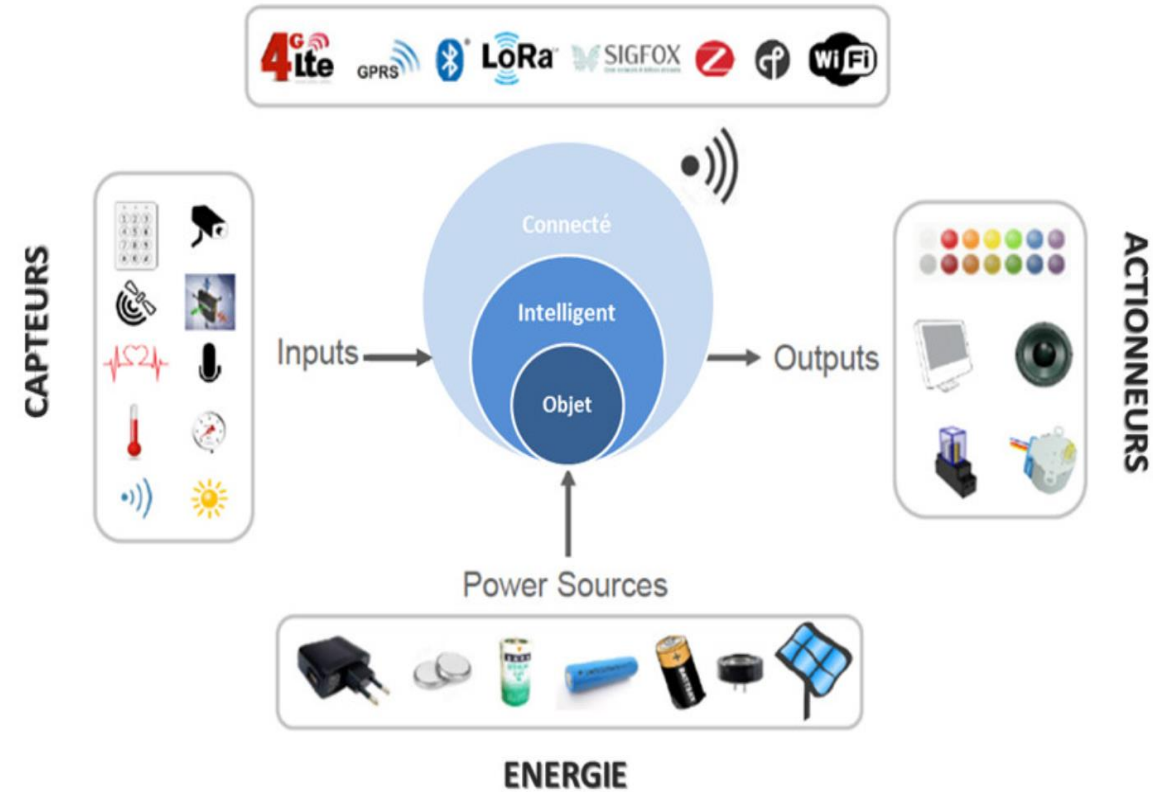


IoT explained



3. Appareils (ou objet) IoT

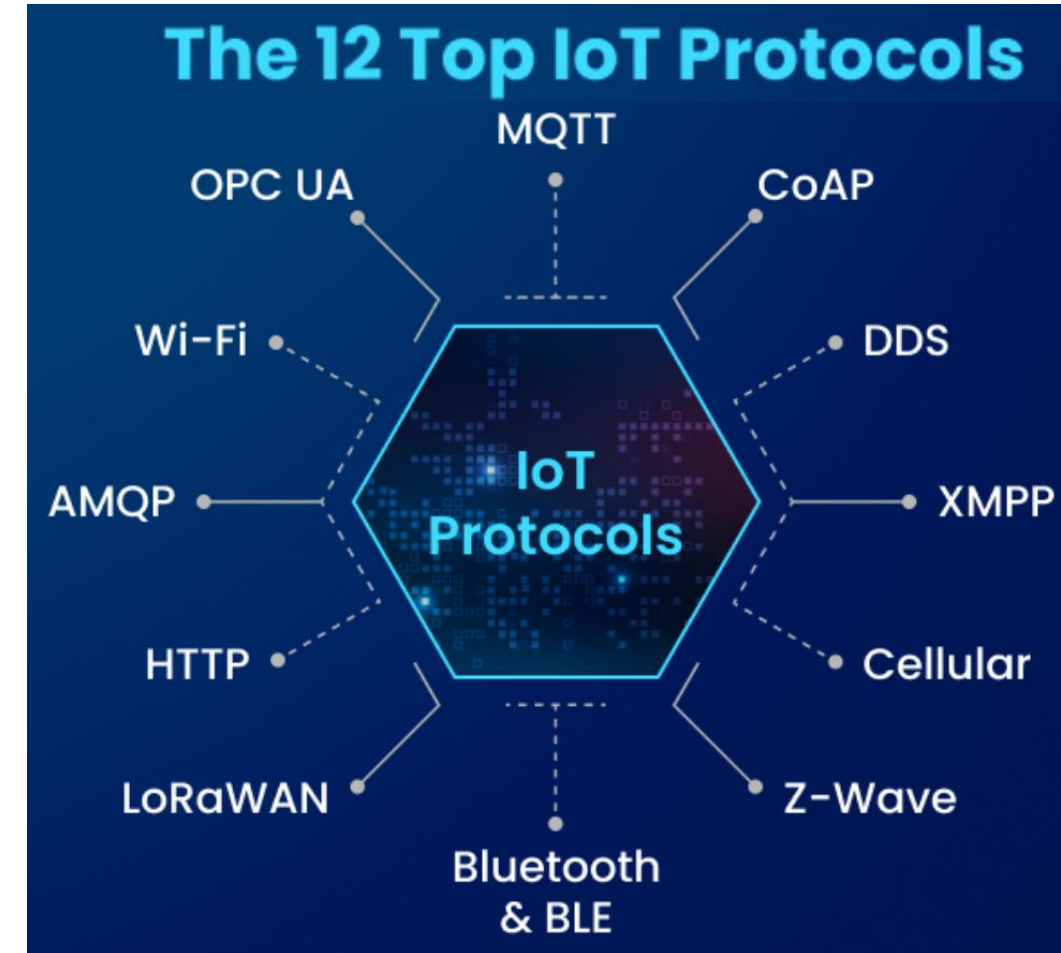
- Un objet IoT, ou **objet connecté**, est un dispositif physique doté de capacités de communication et de traitement de l'information qui lui permettent de se connecter à **Internet** ou à un **réseau local**, et d'échanger des données avec d'autres appareils ou des systèmes informatiques.
- Ces objets sont souvent **équipés de capteurs** pour collecter des données sur leur environnement, de microcontrôleurs ou de microprocesseurs pour le traitement des données, et de modules de communication (comme **Wi-Fi**, **Bluetooth**, **RFID**, **Zigbee**, etc.) pour se connecter à Internet et échanger des données.
- Un objet IoT a toujours besoin d'une **source d'énergie** pour fonctionner.
- On l'appelle également **un nœud IoT (IoT node)**



4. Réseaux et protocoles de communication IoT

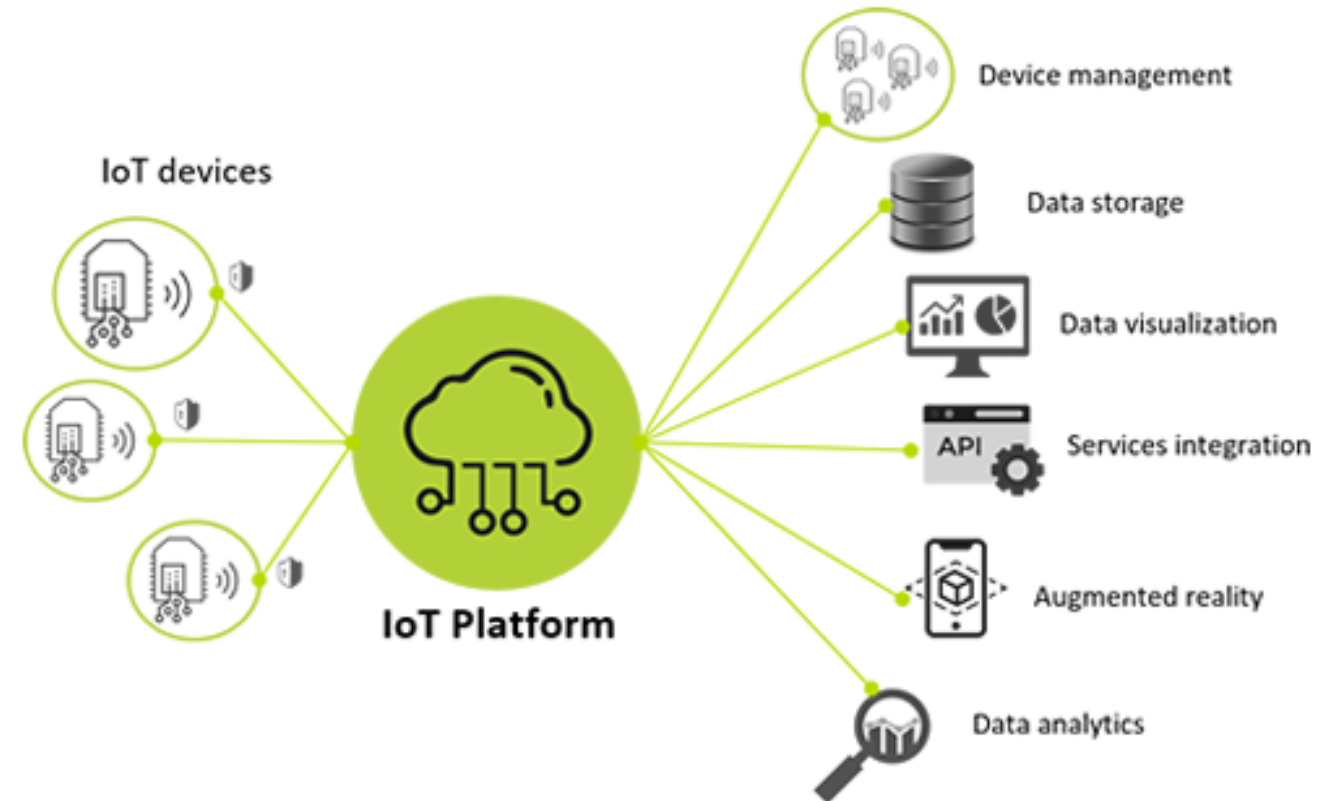
Il s'agit de l'infrastructure de communication qui permet aux appareils IoT de transmettre des données.

Cela peut inclure des réseaux sans fil comme le Wi-Fi, le Bluetooth, les **réseaux cellulaires** (3G, 4G, 5G), **les réseaux LPWAN** (Low Power Wide Area Network) tels que LoRaWAN, Sigfox, NB-IoT, etc.



5.1. Définition d'une plateforme IoT

- Une **plateforme IoT** est un ensemble d'outils logiciels et matériels qui facilitent le développement, le déploiement et la gestion des applications IoT.
- Cette plateforme offre généralement **plusieurs fonctionnalités** clés pour soutenir l'écosystème IoT, telles que la collecte de données, l'analyse, la gestion des appareils, la sécurité et l'intégration avec d'autres systèmes.



5.2. Composants et fonctionnalités d'une plateforme IoT



1. Gestion des appareils : Permet de connecter et de gérer un grand nombre d'appareils IoT de manière centralisée. Cela inclut la configuration, la surveillance de l'état des appareils, les mises à jour logicielles, etc.



2. Connectivité : Fournit des fonctionnalités pour faciliter la communication entre les appareils IoT, les passerelles et les services cloud. Cela peut inclure la prise en charge de différents protocoles de communication (comme MQTT, CoAP, HTTP, etc.) et la gestion des flux de données..



3. Collecte et stockage des données : Permet de collecter, stocker et gérer les données provenant des appareils IoT. Cela peut impliquer des bases de données spécifiques à l'IoT, des services de streaming de données, etc.



4. Analyse des données : Offre des outils pour analyser les données IoT en temps réel ou de manière historique. Cela comprend l'analyse prédictive, l'apprentissage automatique (machine learning), la détection d'anomalies, etc.

5.2. Composants et fonctionnalités d'une plateforme IoT



5. Sécurité : Intègre des mécanismes de sécurité pour protéger les données, les communications et les appareils IoT contre les menaces telles que l'accès non autorisé, les attaques par déni de service, etc..



6. Intégration avec d'autres systèmes : Permet d'intégrer les données et les fonctionnalités de l'IoT avec d'autres systèmes d'entreprise, tels que les systèmes de gestion des stocks, les ERP (Enterprise Resource Planning), les systèmes de CRM (Customer Relationship Management), etc.



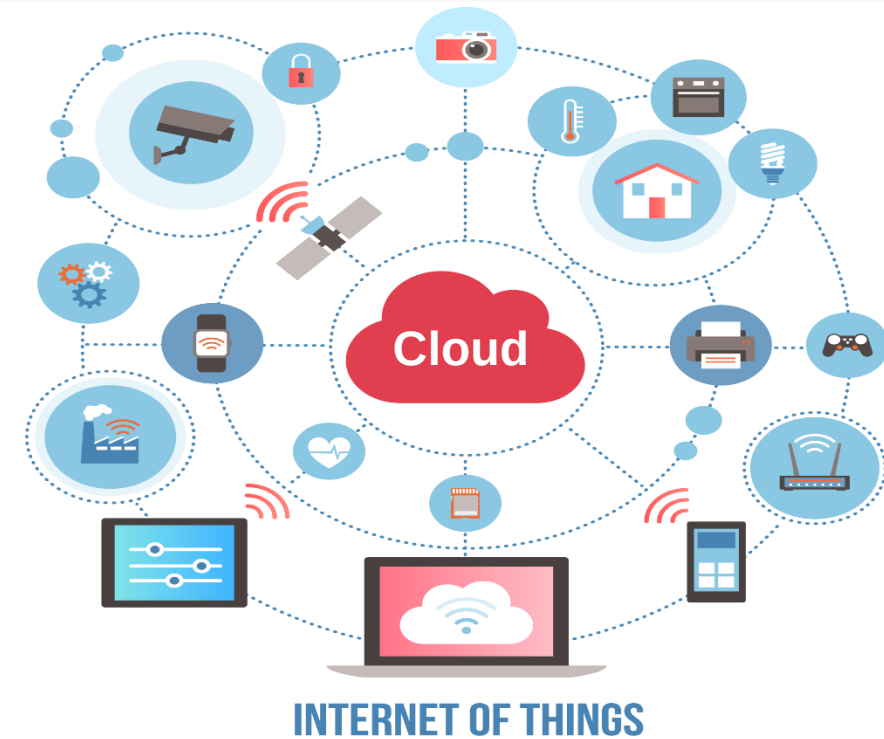
7. Interface utilisateur : Fournit des interfaces conviviales pour les développeurs, les administrateurs et les utilisateurs finaux afin de gérer et de surveiller les applications IoT.

5.3. Plateforme IoT et Cloud

- Une plateforme IoT peut être basée sur le cloud.
- Le cloud computing offre un environnement flexible et évolutif pour héberger et exécuter des applications IoT, y compris les plateformes IoT

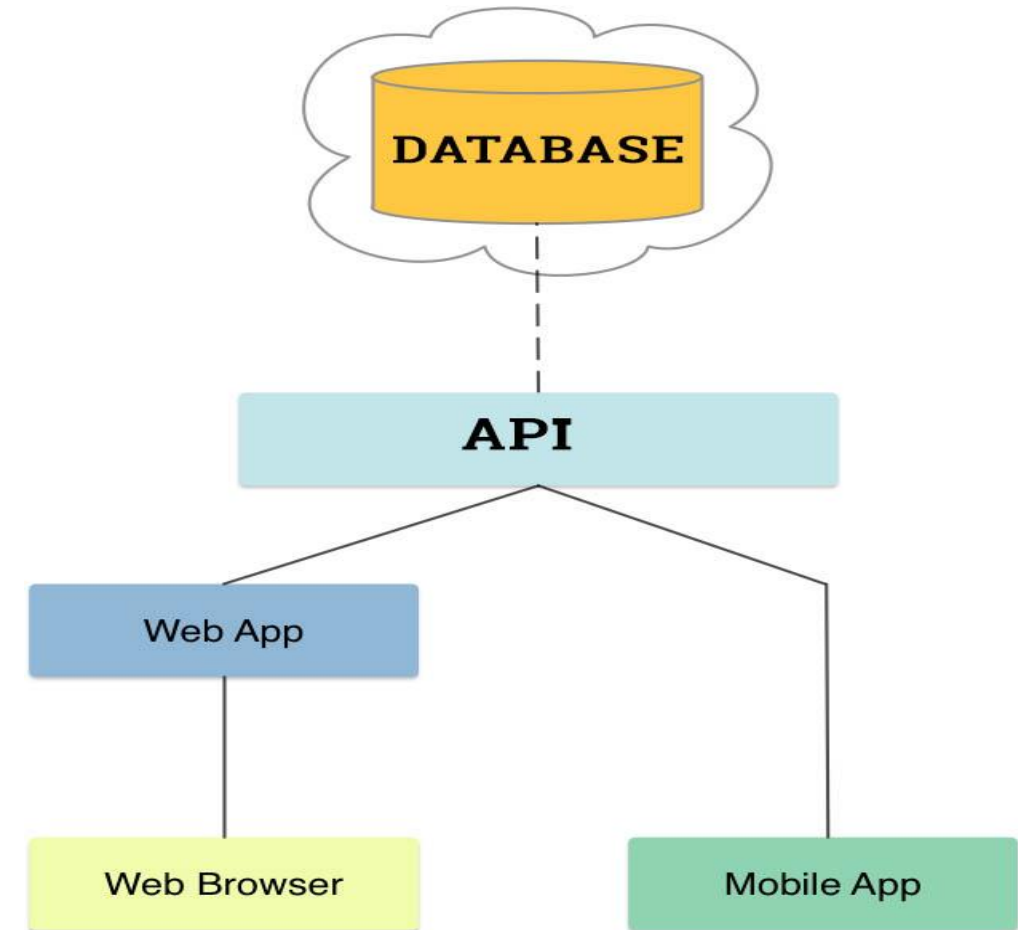
5.4. Interfaces utilisateurs

- Les utilisateurs peuvent accéder à la plateforme IoT via des interfaces web ou des API (Application Programming Interfaces), depuis n'importe quel appareil connecté à Internet, offrant ainsi une accessibilité globale



5.5. Les API

- Les API, ou interfaces de programmation d'applications (Application Programming Interfaces en anglais), sont des ensembles de règles et de protocoles qui permettent à différentes applications informatiques de communiquer entre elles.
- Elles facilitent l'échange de données et les interactions entre des logiciels ou des services distincts, qu'ils soient hébergés sur la même plateforme ou sur des systèmes différents, via des requêtes et des réponses standardisées



5.5. Les API

■ Exemples d'API:

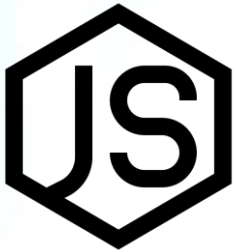
- **API RESTful** : Les API RESTful (*Representational State Transfer*) sont utilisées pour la communication entre serveurs web et clients.
- **API de cartographie** : Des services comme Google Maps API, OpenStreetMap API et Mapbox API fournissent des fonctionnalités de cartographie et de géolocalisation aux développeurs
- **API de médias sociaux** : Les plateformes comme Facebook, Twitter, Instagram et LinkedIn offrent des API qui permettent aux développeurs d'accéder aux fonctionnalités sociales de ces plateformes
- **API de paiement** : Des services tels que Stripe, PayPal et Square fournissent des API de paiement qui permettent aux commerçants d'accepter les paiements en ligne de manière sécurisée
- **API de services cloud** : Les fournisseurs de services cloud comme Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure et Google Cloud Platform proposent des API pour accéder aux services cloud, tels que le stockage de fichiers, la gestion des bases de données, le cloud computing, etc

5.5. Les API

Pour accéder aux API en tant qu'utilisateur, plusieurs outils et langages de programmation sont couramment utilisés. Voici quelques exemples:



Postman : Postman est un outil populaire pour tester et interagir avec des API. Il offre une interface conviviale pour envoyer des requêtes HTTP (comme GET, POST, PUT, DELETE) aux API.



JavaScript (Node.js) : JavaScript est largement utilisé pour créer des applications web et mobiles interactives. En utilisant Node.js, un environnement JavaScript côté serveur, vous pouvez facilement créer des scripts pour interagir avec des API en utilisant des bibliothèques telles que Axios, Fetch.

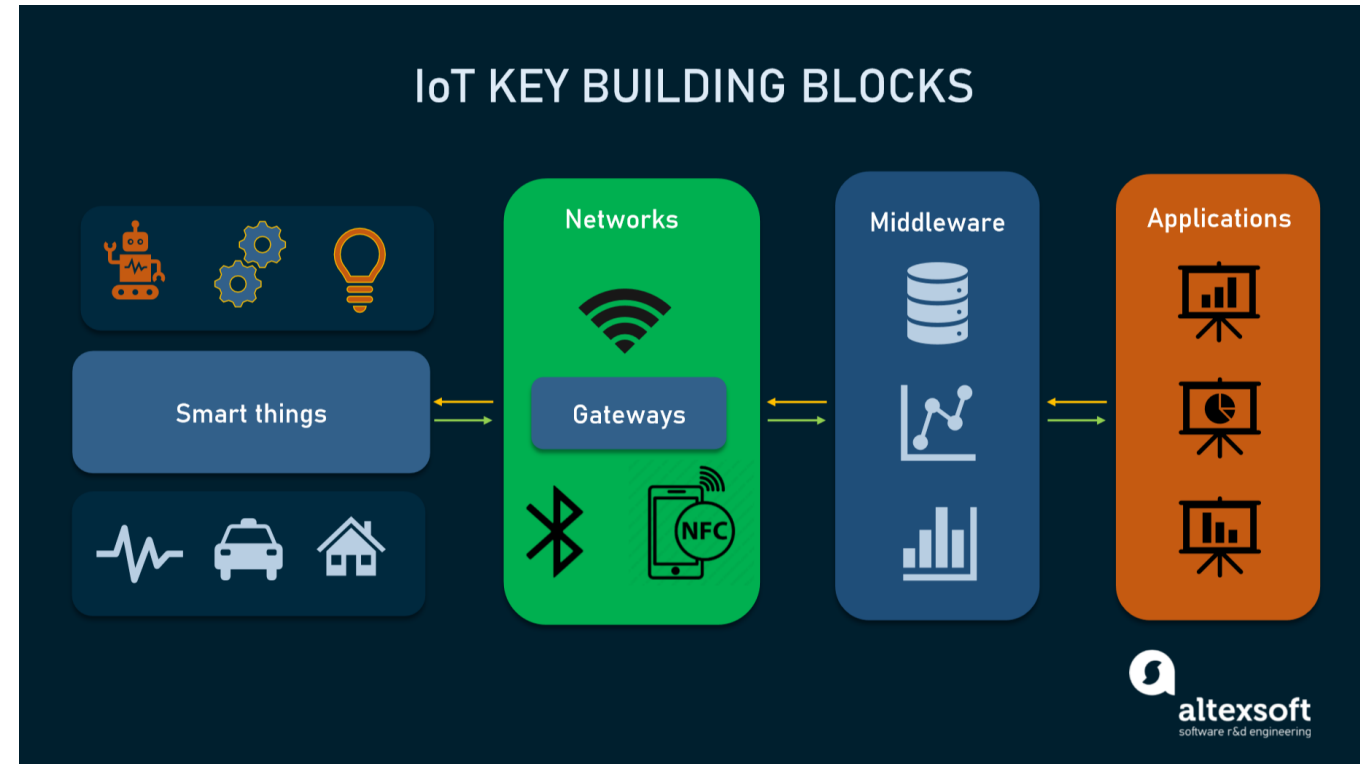


Python : Python dispose de bibliothèques telles que Requests, qui facilitent l'envoi de requêtes HTTP aux API, le traitement des réponses JSON.

6. Architectures des IoT

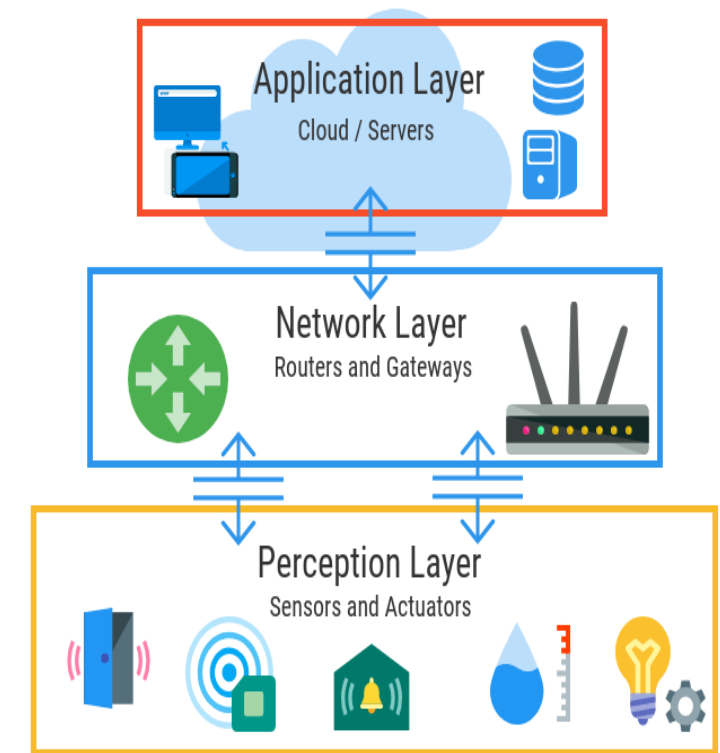
6.1. Définition d'une architecture IoT

- L'architecture IoT se réfère à la structure et à l'organisation des composants et des couches qui composent un système IoT.
- Ces architectures sont conçues pour gérer efficacement la collecte, le traitement, le stockage et la communication des données entre les appareils connectés, les services cloud et les utilisateurs finaux.



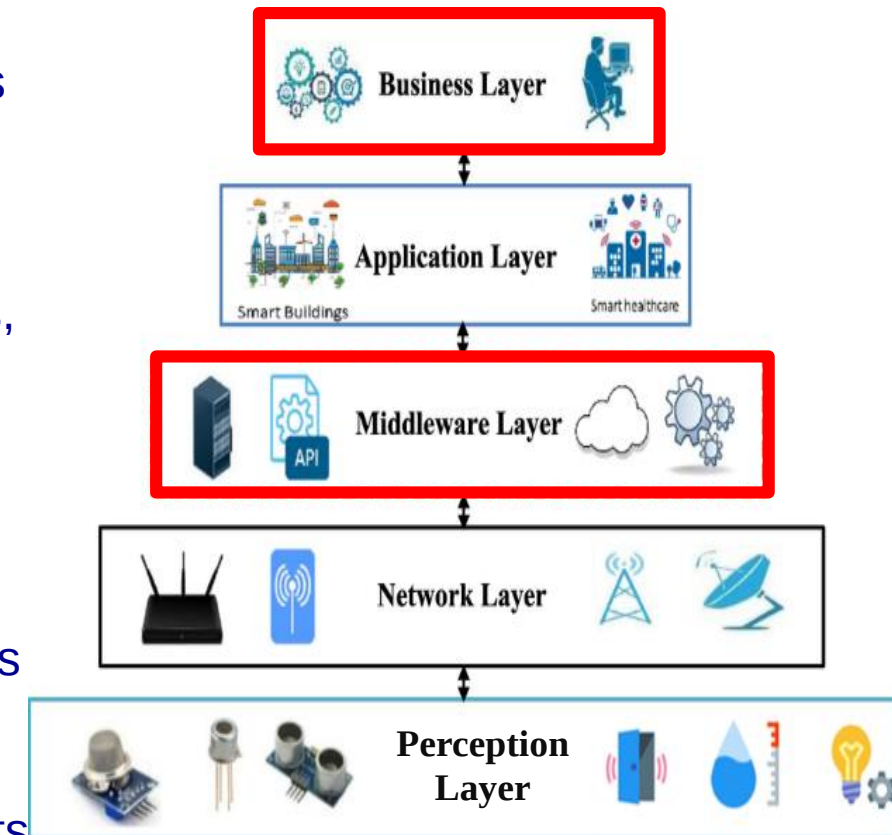
6.2. Architecture en trois couches (Three-Layer Architecture)

- **Couche de perception (Perception Layer)** : Cette couche est constituée des capteurs, des dispositifs IoT et des actuateurs qui collectent les données à partir de l'environnement physique. Elle est responsable de la capture des informations et de leur transmission vers la couche suivante.
- **Couche réseau (Network Layer)** : Cette couche assure la transmission des données collectées depuis les dispositifs IoT vers les serveurs et les services cloud via les réseaux de communication. Elle utilise des protocoles de communication comme MQTT, CoAP, HTTP, etc., pour garantir une connectivité fiable et sécurisée.
- **Couche d'application (Application Layer)** : Héberge les applications métier et les services qui exploitent les données traitées pour offrir des fonctionnalités aux utilisateurs finaux. Elle peut également inclure des services cloud pour le stockage, l'analyse avancée et la visualisation des données.



6.3. Architecture en cinq couches (Five-Layer Architecture)

- **Couche intergiciel (Middleware Layer)** : Egalement appelé **Processing Layer** :
 - C'est une couche qui rassemble toutes les données fournies par les couches de perception.
 - Toutes les informations sont stockées et analysées.
 - Elle prend des décisions basées sur l'analyse des données
 - Il utilise de nombreuses technologies comme les bases de données, le cloud computing et les modules de traitement du Big Data
- **Couche métier (Business Layer)**
 - Gère l'ensemble du système IoT, y compris les applications, les modèles commerciaux et de profit, ainsi que la confidentialité des utilisateurs
 - Elle est responsable de la prise de décision, de la gestion des règles métier, de l'optimisation des opérations, etc.
 - Elle interagit avec les parties prenantes
 - Elle peut également intégrer des services liés à la gestion des clients, des finances, de la logistique, etc.



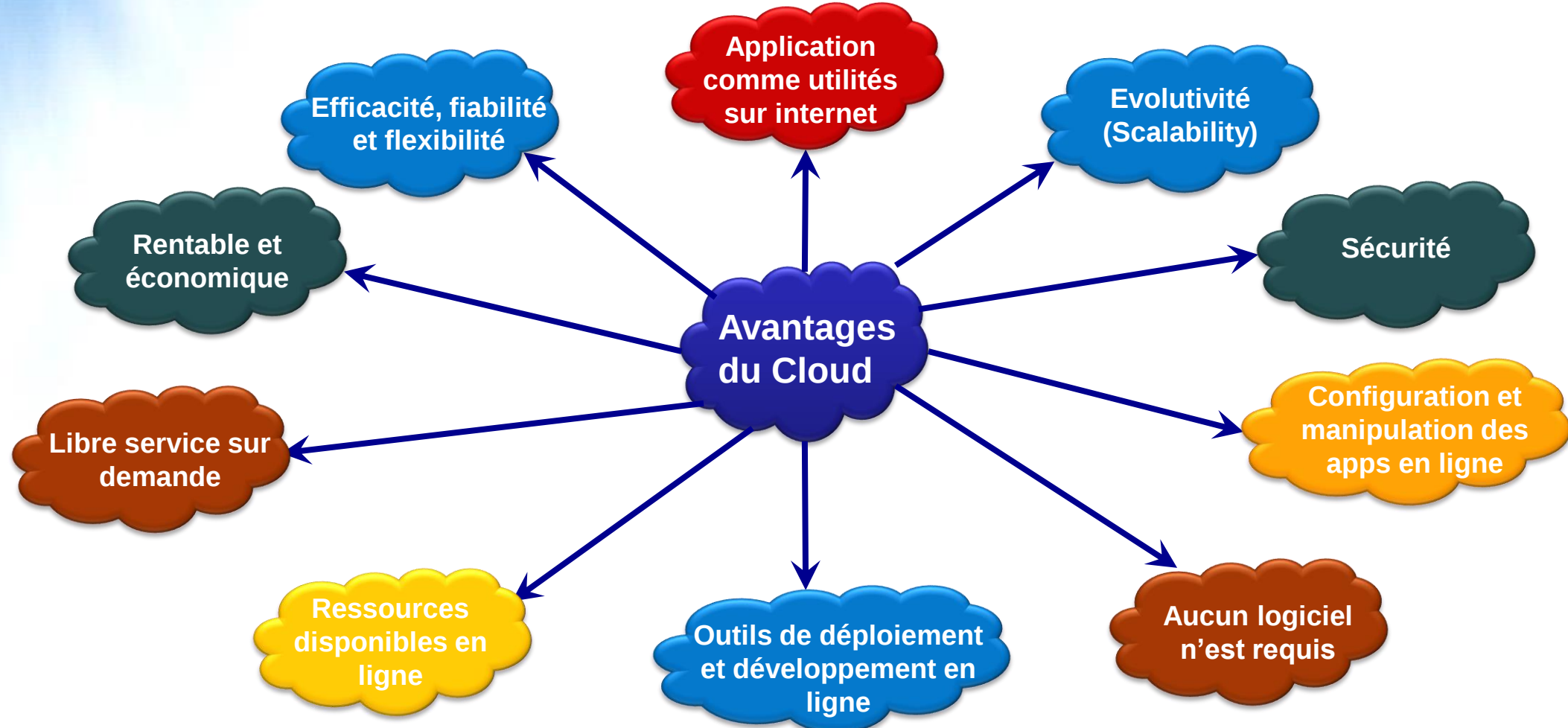
7. Le Cloud Computing

6.1. Définition du Cloud Computing:

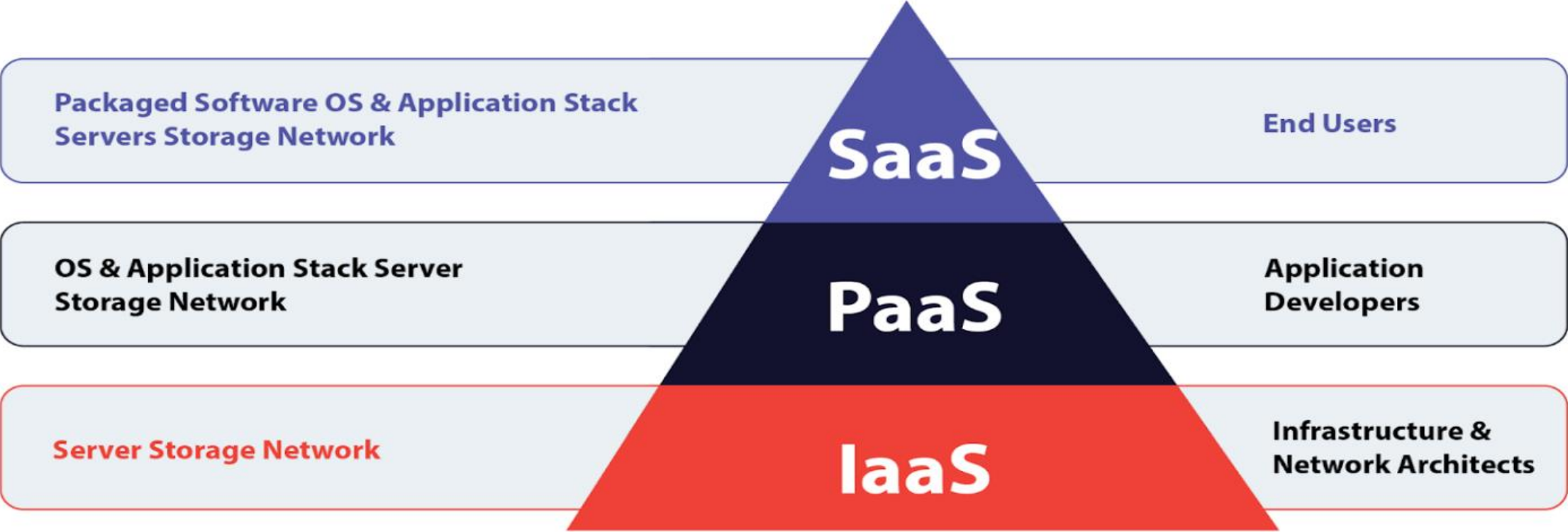
- Le **cloud computing**, ou **informatique en nuage**, est un modèle de fourniture de services informatiques via Internet.
- Plutôt que de stocker des données, des logiciels et des ressources sur des ordinateurs locaux ou des serveurs physiques, le cloud computing **permet d'accéder** à ces services à **distance**, à partir de serveurs distants gérés par des fournisseurs de services cloud.



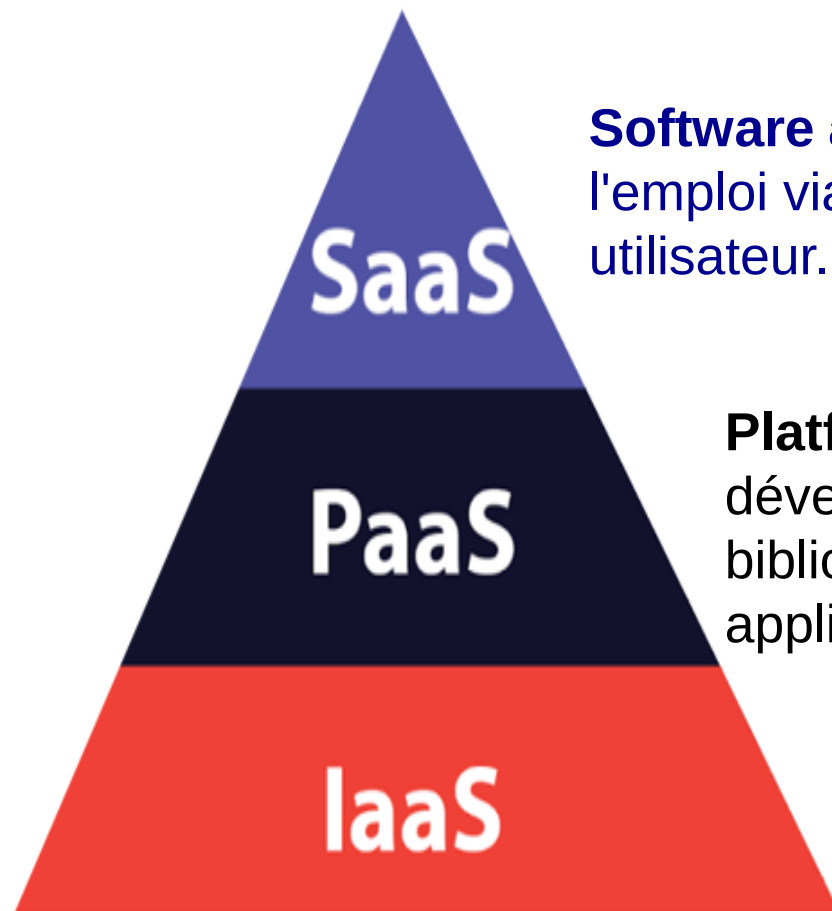
6.2. Avantages du Cloud Computing:



6.3. Modèles de service cloud (Cloud Service Model):



6.4. Modèles de service cloud (Cloud Service Model):



Software as a Service (SaaS) : Fournit des applications logicielles prêtes à l'emploi via Internet, sans nécessiter d'installation ou de maintenance côté utilisateur.

Platform as a Service (PaaS) : Fournit un environnement de développement et de déploiement complet, incluant des outils, des bibliothèques et des services pour développer, tester et déployer des applications.

Infrastructure as a Service (IaaS) : Fournit des ressources informatiques virtualisées, telles que des serveurs, du stockage et des réseaux, que les utilisateurs peuvent utiliser à la demande.

6.5. Services cloud courants:

- **Stockage cloud** : Permet de stocker des données sur des serveurs distants, comme Amazon S3, Google Cloud Storage, etc.
- **Calcul en nuage** : Fournit des ressources de calcul à la demande, telles que Amazon EC2, Google Compute Engine, etc.
- **Services de base de données** : Offre des bases de données cloud, comme Amazon RDS, Azure SQL Database, etc.
- **Services de machine learning** : Permet d'accéder à des outils et à des modèles de machine learning, comme Google Cloud AI Platform, AWS SageMaker, etc



Google Cloud Platform



6.6. Types de Cloud :



**PUBLIC
CLOUD**



**PRIVATE
CLOUD**



**HYBRID
CLOUD**



**COMMUNITY
CLOUD**

Cloud Public :

- Le cloud public est géré par des fournisseurs de services cloud tiers et est accessible à tous via Internet.
- Les ressources informatiques, telles que les serveurs, le stockage et les applications, sont partagées entre plusieurs clients

Cloud Privé:

- Le cloud privé est utilisé exclusivement par une seule organisation et est géré soit par l'organisation elle-même, soit par un tiers.
- Il offre un contrôle et une personnalisation plus élevés en termes de sécurité, de performances et de conformité aux réglementations.

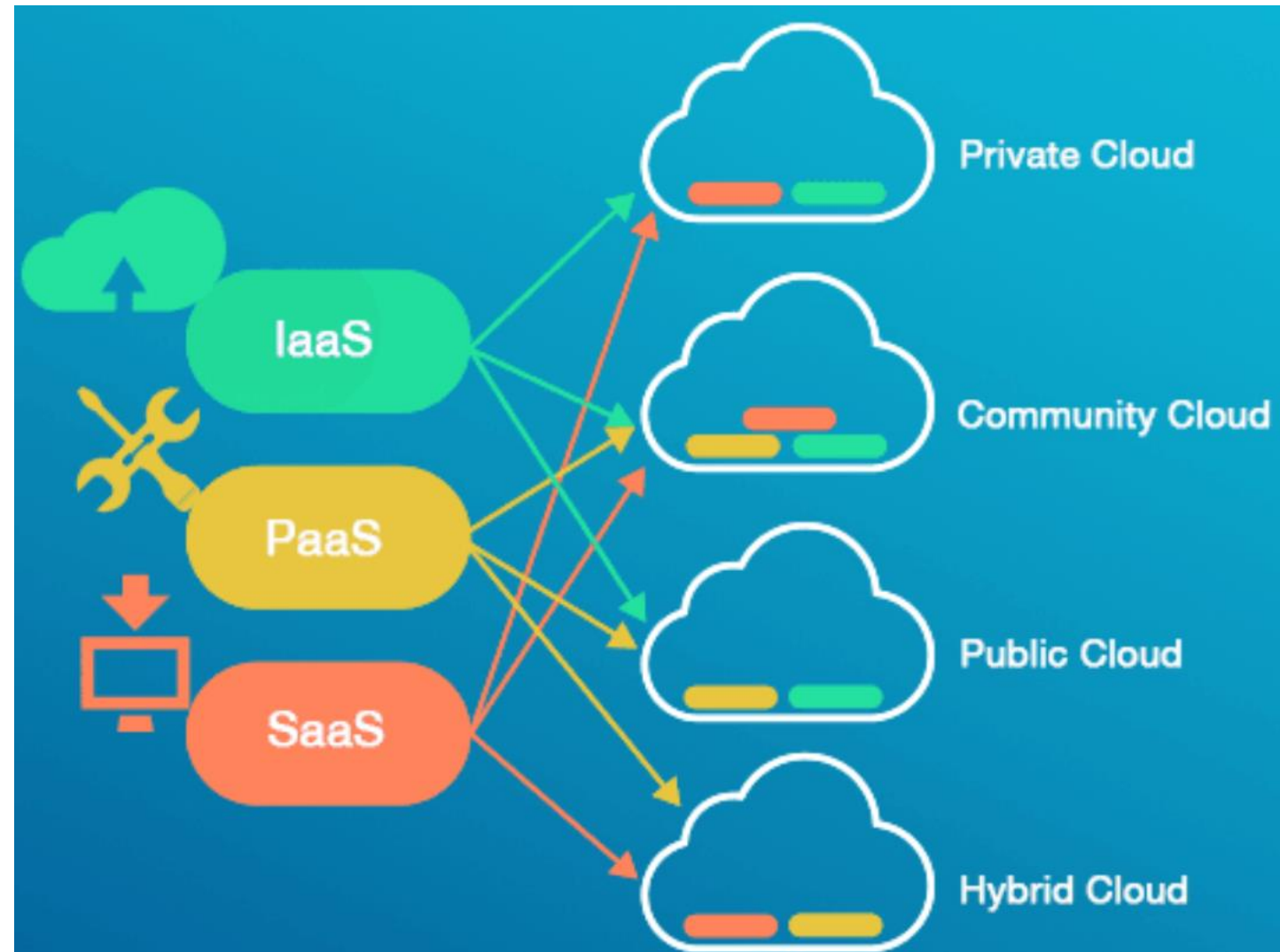
Cloud Hybride :

- Le cloud hybride combine des environnements de cloud public et privé,
- Permet aux organisations de déplacer des charges de travail et des données entre ces environnements selon les besoins.

Cloud Communautaire :

- Le cloud communautaire est partagé par plusieurs organisations ou entités qui partagent des intérêts communs, tels que des exigences de conformité, des besoins en matière de sécurité ou des objectifs métier similaires.

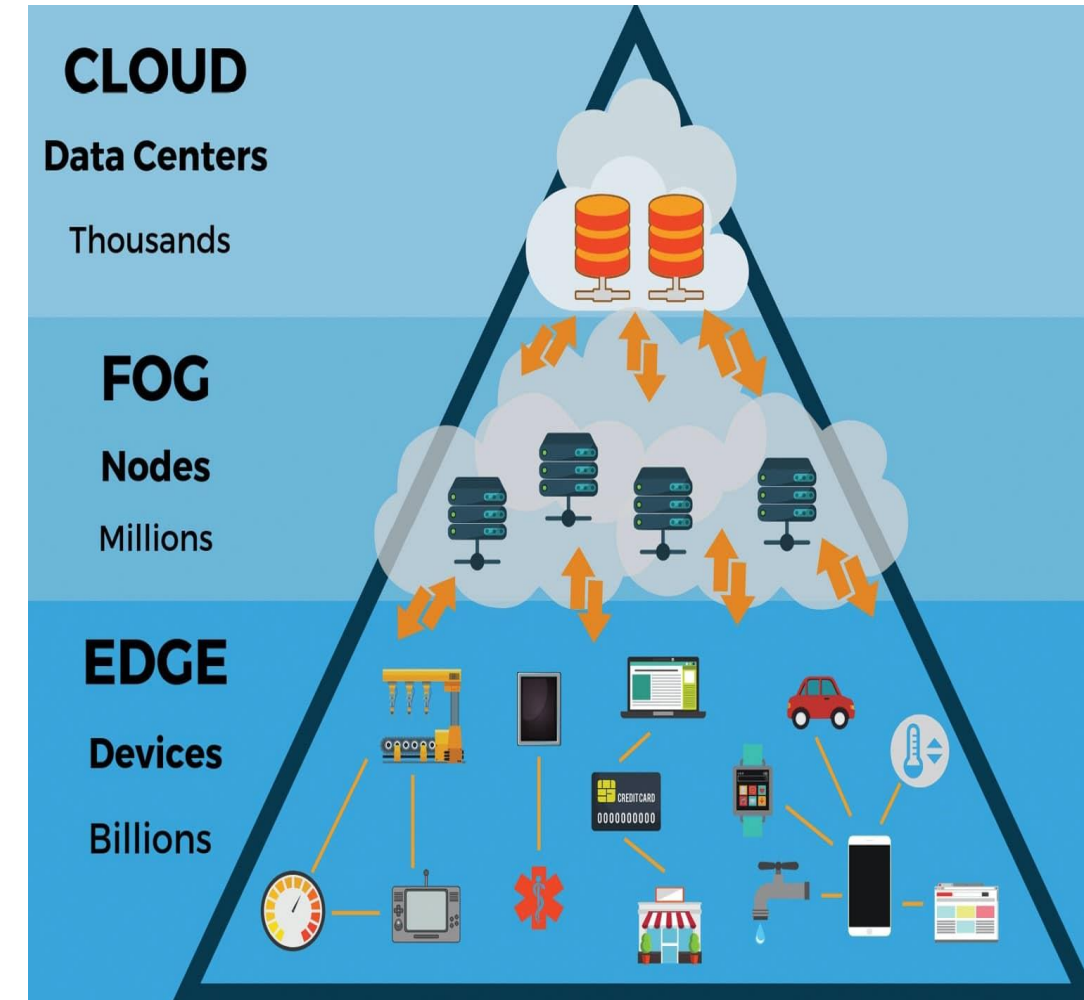
Modèles de service et types de déploiement



8. Fog et Edge Computing

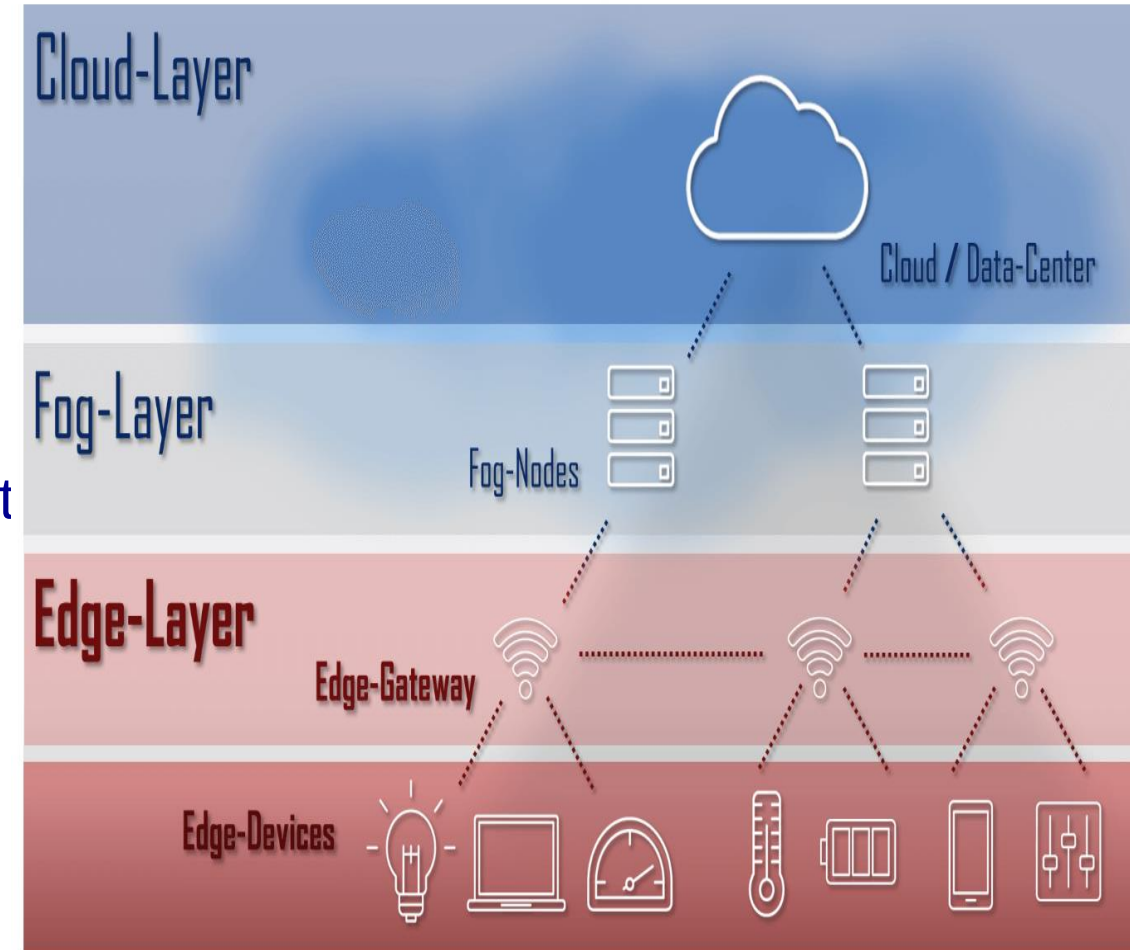
8.1. Fog Computing:

- Le **Fog Computing** est une architecture intermédiaire entre les dispositifs IoT et le cloud distant, où le traitement des données se fait au niveau du "brouillard" (Fog).
- Il utilise des **nœuds Fog**, tels que des serveurs, des passerelles IoT, des points d'accès sans fil, pour traiter et analyser les données localement.
- Les avantages incluent une réduction de la latence, une meilleure utilisation de la bande passante, une réponse rapide aux événements en temps réel et une sécurité accrue des données.



8.2. Edge Computing:

- L'**Edge Computing** pousse le traitement des données encore plus près du bord du réseau, directement sur les dispositifs IoT ou sur des appareils proches.
- Il utilise des microservices, des conteneurs légers, des processeurs embarqués pour effectuer le traitement des données localement
- Les **avantages** incluent une latence extrêmement faible, une utilisation optimisée des ressources, une capacité à traiter des données sensibles localement et une réponse instantanée aux événements.



9.1. Définition:

- Un data-center est une **infrastructure physique** qui regroupe des équipements informatiques, tels que: des serveurs, des dispositifs de stockage de données, des équipements réseau, et d'autres composants nécessaires au fonctionnement et à la gestion des données numériques
- Les data-centers peuvent être gérés par des entreprises privées, des fournisseurs de services cloud, des organisations gouvernementales, ou d'autres entités qui ont besoin de stocker, traiter et gérer des données à grande échelle.

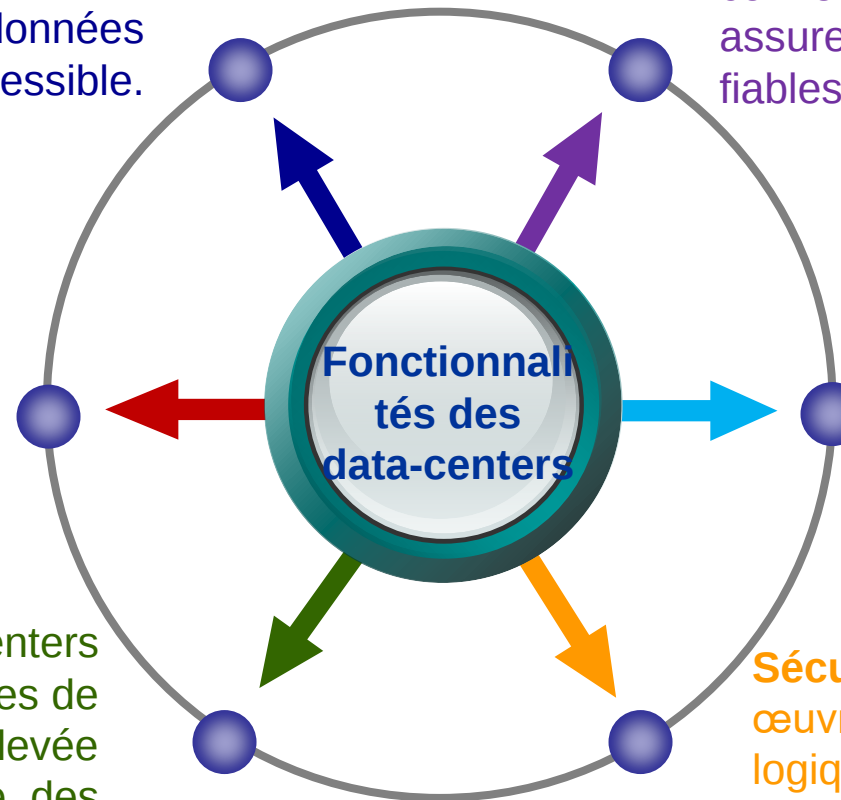


9.2. Fonctionnalités des dat-centers:

Stockage des données : Les data-centers sont conçus pour stocker de grandes quantités de données de manière sécurisée et accessible.

Traitement des données : Les serveurs dans un data-center sont utilisés pour le traitement des données: exécution d'applications, le calcul intensif, la gestion des bases de données, etc.

Redondance et disponibilité : Les data-centers sont souvent construits avec des mesures de redondance pour assurer une disponibilité élevée des services: systèmes de sauvegarde, des alimentations électriques redondantes, des connexions réseau multiples, etc.



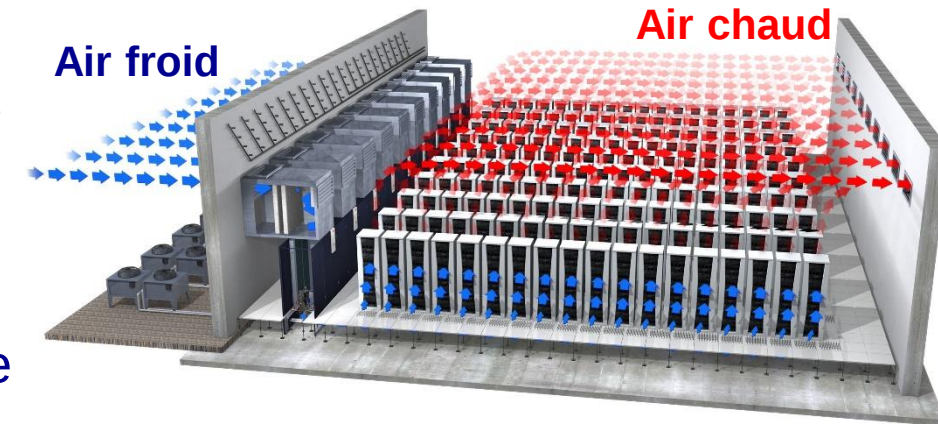
Connectivité : Les data-centers sont connectés à des réseaux à haute vitesse pour assurer des communications rapides et fiables avec d'autres équipements et services.

Refroidissement et gestion de l'énergie : les data-centers sont équipés de systèmes de refroidissement avancés pour maintenir des températures optimales.

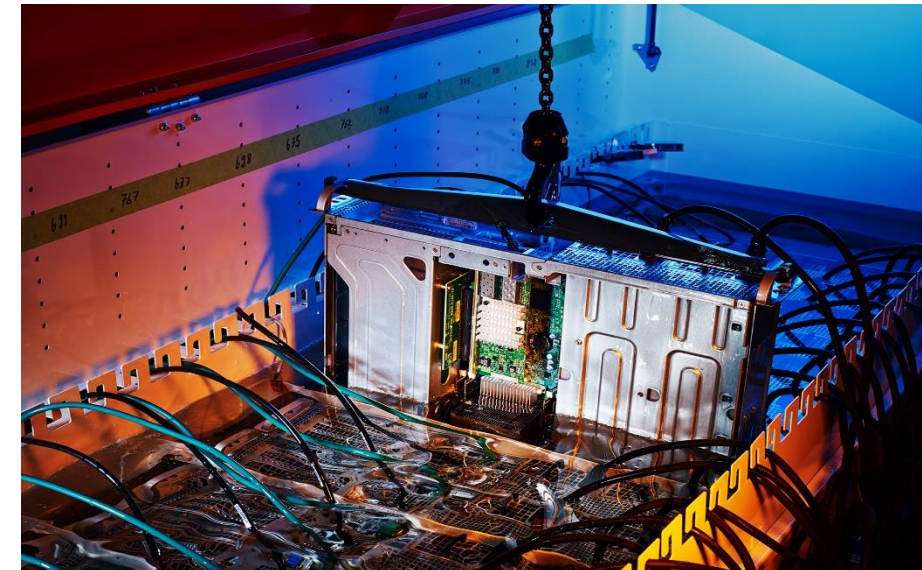
Sécurité : Les data-centers mettent en œuvre des mesures de sécurité physiques et logiques pour protéger les données et les équipements: contrôles d'accès, des systèmes de surveillance, des pare-feu, des dispositifs de détection des intrusions, etc

9.3. Systèmes de refroidissement:

- **Refroidissement par air** : Le refroidissement par air consiste à faire circuler de l'air frais à travers les racks de serveurs et les allées du data-center pour dissiper la chaleur générée par les équipements. Des systèmes de ventilation, des ventilateurs, et des conduits d'air sont utilisés pour contrôler le flux d'air et maintenir des températures adéquates.
- **Refroidissement par liquide** : Le refroidissement par liquide implique l'utilisation de liquides (comme l'eau ou des fluides spécifiques) pour absorber la chaleur des équipements informatiques. Cela peut se faire à travers des échangeurs de chaleur, des systèmes de refroidissement par immersion où les composants sont plongés dans un liquide réfrigérant (non-conducteur), ou des systèmes de refroidissement liquide direct où des tuyaux transportent le liquide refroidissant à proximité des composants chauffants.

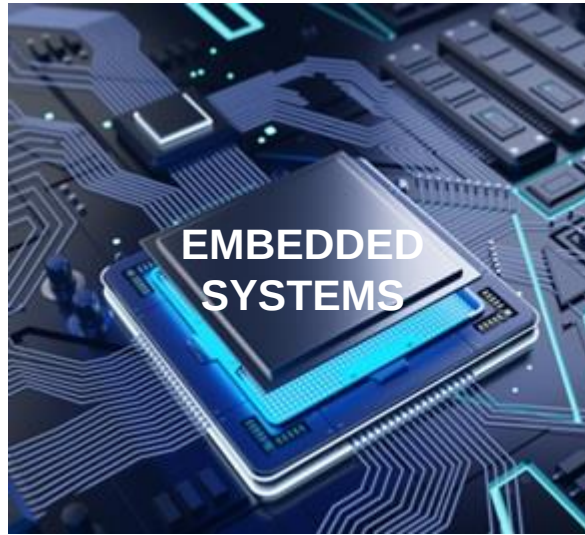


Composants plongés dans un liquide réfrigérant



9.4. Top 20 des Data-centers dans le monde:

 EQUINIX USA	 DIGITAL REALTY USA	 Japon	 Royaume Uni	 Chine	 USA	 USA
 Europe	 Dans le monde	 Dans le monde	 Dans le monde	 États-Unis, Europe, Asie	 France	 Dans le monde
 USA	 Chine	 USA	 USA	 Dans le monde	 Chine	



FIN !
Questions ?