

# Internet des Objets (IoT)

## Chapitre 1 : IoT grand format

Aimen Bouchhima

# Plan

Introduction

Architecture globale

L'aspect réseau (télécom)

L'aspect équipement embarqué (thing)

L'aspect applicatif

# Définition

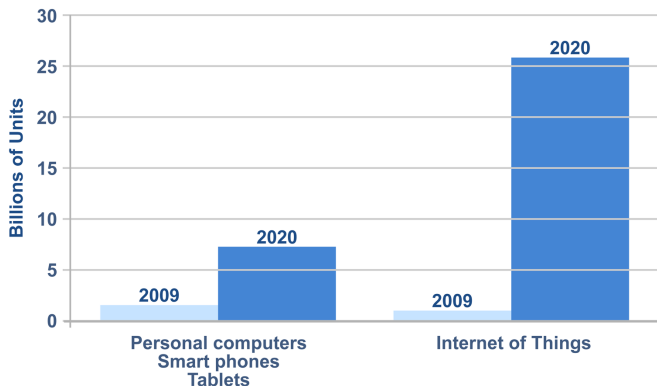
- ▶ Plusieurs tentatives de définitions existent, mais qui ne font pas l'unanimité
  - ▶ Pas de définition précise et formelle
- ▶ Plutôt un **concept**, une tendance, un buzzword ?
- ▶ Littéralement : Internet des Objets (Internet of Things)
  - ▶ Things : en français devrait être "choses" plutôt que "objects"
    - ▶ smartphones, tablettes, lunettes Google Glass, téléviseurs, pompes à essence, équipements de surveillance médicale, appareils électroménagers, caméras de sécurité, parcmètres, conteneurs, équipements industriels, voitures, etc.
  - ▶ Internet : Les objets ne sont pas nécessairement connectés au réseau Internet et peuvent rester sur des réseaux privés (LAN ou VPN). certains préfèrent le terme **objets connectés**

# Définition

- ▶ L'Internet des objets représente l'extension d'Internet à des choses et à des lieux du monde physique. Il est considéré comme la troisième évolution de l'Internet, baptisée Web 3.0 qui fait suite à l'ère du Web Social
- ▶ «Il importe de noter que l'Internet des objets est un **concept**, non pas une technologie unique, et qu'il a des **répercussions sur les technologies et la société**  
Alain Louchez, Georgia Tech Research Institute

## Des faits ...

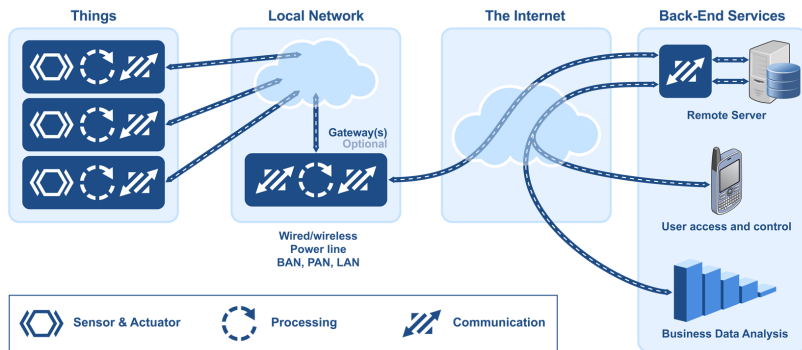
Aujourd'hui on vend beaucoup plus d'objet "IoT" que de smart phone et d'ordinateurs. On prévoit que cette tendance va s'accroître dans le futur



# Segmentation du marché

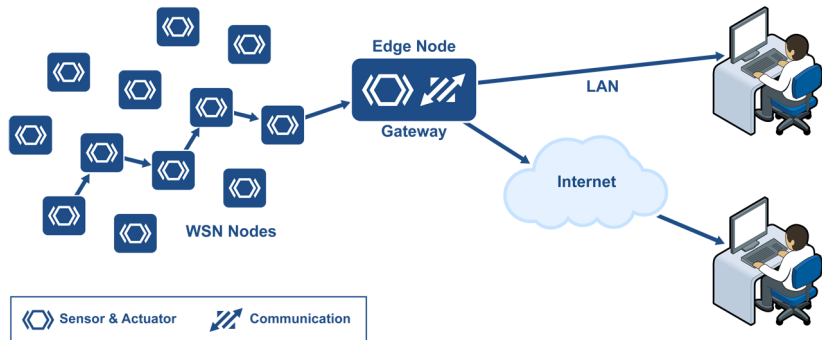
| Energie  | Transports  | Industrie   | Grand public  | e-Santé   | Bâtiment  |
|--|---|---|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Compteurs intelligent</li><li>• Télémétrie</li><li>• Panneaux solaires</li><li>• Eoliennes</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Géolocalisation</li><li>• Supervision</li><li>• Sécurité</li><li>• Transports publics</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Industrie 4.0</li><li>• Supervision et automatisation</li><li>• Maintenance prédictive</li><li>• Chaîne d'approvisionnement</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Maison intelligente</li><li>• Surveillance et alarmes surveillance</li><li>• Technologies portables &amp; capteurs textiles</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Télémédecine</li><li>• Appareils médicaux mobiles</li><li>• Maintien à domicile</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Chauffage, ventilation, climatisation</li><li>• Eclairage</li><li>• Sécurité des accès</li><li>• Alarmes incendie</li></ul> |

# Architecture de l'écosystème IoT



# Réseau de capteur (WSN)

## Wireless Sensor Network





# L'aspect réseau (télécom)



# Modèle OSI vs TCP/IP vs IoT

| OSI model      | TCP/IP model              | IoT protocols  |
|----------------|---------------------------|--|
| 7 Application  | Application               | HTTPS, XMPP, CoAP, MQTT, AMQP  |
| 6 Presentation |                           |  |
| 5 Session      |                           |  |
| 4 Transport    | Transport                 | UDP, TCP   |
| 3 Network      | Internet                  | IPv6, 6LoWPAN, RPL   |
| 2 Data link    | Network access & physical | IEEE 802.15.4<br>Wifi (802.11 a/b/g/n)<br>Ethernet (802.3)<br>GSM, CDMA, LTE |
| 1 Physical     |                           |  |

# Critères de sélection d'un réseau sans fil

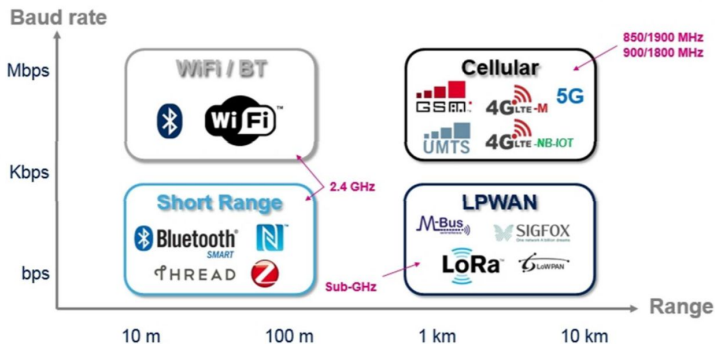
- ▶ Dans un réseau sans fil idéal, on cherche à :
  - ▶ Maximiser la capacité ou débit (bits par seconde)
  - ▶ Réduire la Latence : temps nécessaire pour envoyer le premier bit (seconde)
  - ▶ Maximiser la portée (mètre)
  - ▶ Réduire la puissance consommée (Watt)
- ▶ Généralement, ces critères sont antagonistes
  - ▶ Par exemple, pour augmenter la portée, il faut augmenter la puissance ou diminuer le débit

# Classification selon la portée

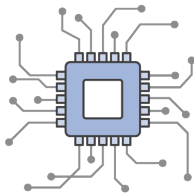
- ▶ PAN (Personal Area Network)
  - ▶ Courte distance (quelques mètres)
  - ▶ Exemple: appareil de fitness qui communique avec un smartphone
- ▶ LAN (Local Area Network)
  - ▶ Quelques centaines mètres
  - ▶ Exemple: smart home, réseau de capteurs dans une chaîne de production industrielle
- ▶ MAN (Metropolitan Area Network)
  - ▶ Quelques kilomètres (à l'échelle d'une ville)
  - ▶ Exemple: parkings intelligents dans une ville interconnectés en maille (mesh network)
- ▶ WAN (Wide Area Network)
  - ▶ Quelques dizaines de kilomètres
  - ▶ Exemple: réseau de capteurs utilisés en agriculture

## Technologies de connectivité

(non exhaustive)



# L'aspect équipement embarqué (thing)



# Rôle dans l'écosystème IoT

- ▶ Dans un écosystème IoT, le rôle de l'équipement embarqué (thing ou device) est essentiellement de :
  - ▶ collecter les données (capteur) ou appliquer des commandes (actionneur)
  - ▶ traiter ces données (optionnel)
  - ▶ s'interfacer avec le réseau de communication pour envoyer/recevoir les données

# Critère de sélection d'un équipement embarqué

Idéalement, dans un équipement embarqué, on cherche à :

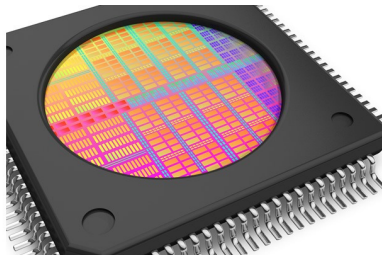
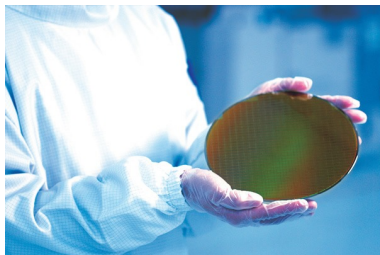
- ▶ Augmenter la puissance de calcul pour pouvoir faire des traitements en amont sur les données
  - ▶ Appliquer l'intelligence au niveau capteur : filter les données et réduire ainsi la bande passante requise sur le réseau
  - ▶ Implémenter les protocoles de communication complexes requis par les réseaux les plus sophistiqués
- ▶ Minimiser la consommation d'énergie et donc maximiser l'autonomie de la batterie
- ▶ Réduire le coût
- ▶ Miniaturiser les dimensions



# Les systèmes sur puce

## Solution : Systèmes sur puce (System on Chip ou SoC)

- ▶ Idée : rassembler le maximum de fonctionnalités sur une même puce de silicium (chip) sous forme de circuit intégré
  - ▶ Technologie VLSI (Very Large Scale Integration) : mettre un milliard de transistors sur une même puce
  - ▶ Aujourd'hui la taille d'un transistor a atteint les 14 nm
  - ▶ Loi de Moore : la capacité d'intégration double chaque 18 mois



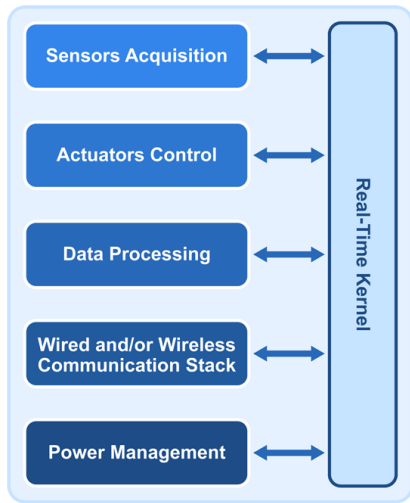
# Les systèmes sur puce

## SoC : architecture mixte logicielle/matérielle

- ▶ Partie logicielle : représentée par un (ou plusieurs) processeur(s)
  - ▶ Processeur à haute efficacité énergétique (exemple ARM)
  - ▶ Programmable via les langages de haut niveau (C/C++/Java/Python...)
  - ▶ Apporte la flexibilité et réduit le coût de conception
- ▶ Partie matérielle : représentée par les accélérateurs
  - ▶ Implémentation optimisée des parties critiques (exemple : contrôleur de communication WIFI/Bluetooth)
  - ▶ Un accélérateur matériel est toujours plus performant qu'un processeur qui exécute la même fonction en logiciel
  - ▶ Apporte l'aspect performance et faible consommation d'énergie

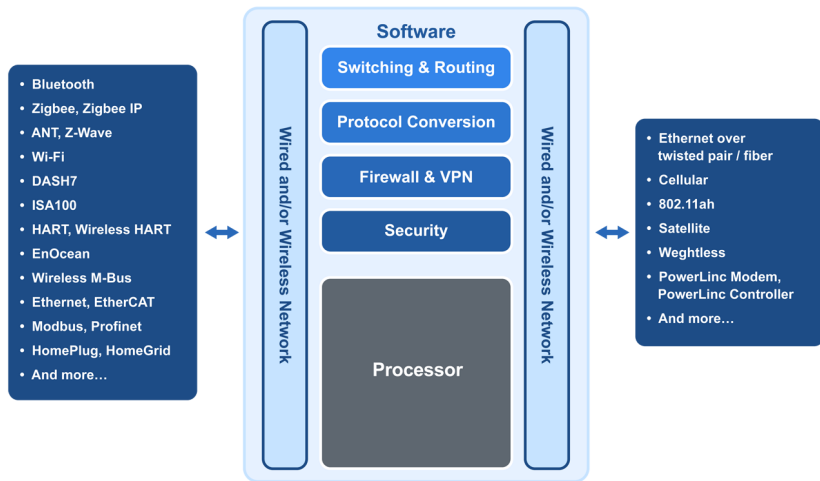
# Logiciel embarqué

- ▶ Système d'exploitation temps réel (RTOS)
  - ▶ Facilite la programmation des tâches d'acquisition et de contrôle
  - ▶ Respect des contraintes temporelles
  - ▶ Implémente la gestion intelligente de la consommation d'énergie
- ▶ Couches de communication réseau (niveau transport et application) disponibles comme bibliothèques/drivers



# Architecture d'un Gateway

Interface entre deux réseaux différents





## Exemple : PARTICLE ARGON



- ▶ Nordic Semiconductor nRF52840 SoC
- ▶ Espressif ESP32-D0WD 2.4Ghz Wi-Fi coprocessor
  - ▶ On-board 4MB flash for the ESP32
  - ▶ 802.11 b/g/n support
  - ▶ 802.11 n (2.4 GHz), up to 150 Mbps
- ▶ Consommation : 10 mA
- ▶ Coût : 19 \$

## Exemple : Raspberry Pi 3 Model B+



- ▶ Broadcom BCM2837B0 SoC
  - ▶ Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit @ 1.4GHz
  - ▶ 1GB LPDDR2 SDRAM
  - ▶ 2.4GHz and 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac wireless LAN
  - ▶ Bluetooth 4.2, BLE
  - ▶ Gigabit Ethernet over USB 2.0
  - ▶ CSI camera port
- ▶ Consommation : 500 mA
- ▶ Coût : 35 \$

# L'aspect applicatif





# Position dans l'écosystème IoT

- ▶ Couches 5, 6 et 7 du modèle OSI (session, présentation et application)
- ▶ Objectifs
  - ▶ Acheminer les données vers le cloud (ou serveur local)
  - ▶ Gérer/contrôler les équipements
  - ▶ Stockage et archivage
  - ▶ Reporting
  - ▶ Analyse
  - ▶ Transformations

# Protocoles de communication

- ▶ HTTP est le protocole le plus utilisé dans les applications classiques sur internet
- ▶ HTTP continue à être utilisé dans le domaine IoT surtout pour l'invocation de services HTTP/REST (après tout, l'IoT est une extension du web classique)
- ▶ Cependant, HTTP ne convient pas forcément pour toute la chaîne de traitement IoT
  - ▶ Le protocole HTTP est basé sur le mécanisme requête/réponse
  - ▶ HTTP suppose que le réseau est fiable et que les intervenants dans l'échange d'information sont toujours en ligne.
  - ▶ En IoT, les messages échangés sont souvent de petite taille (quelques octets). L'entête d'un paquet HTTP (plusieurs centaines d'octets) représente un surcoût (overhead) important par rapport à la taille totale du message
  - ▶ Protocole assez complexe pour être implémenté efficacement sur les devices

# Protocoles de communication

- ▶ Dans le domaine IoT, on besoin de protocoles qui implémentent un mécanisme d'envoi de message et qui soient:
  - ▶ Simple à mettre en oeuvre même sur des équipements à ressources limitées
  - ▶ Avec un surcoût minimal en terme de taille du paquet à fin de ne pas encombrer le réseau
  - ▶ A faible latence
  - ▶ Avec une qualité de service (QoS) pouvant s'adapter à différents cas d'utilisation

# Protocoles de communication

- ▶ Principaux protocoles utilisés dans le domaine IoT
  - ▶ MQTT - (Message Queuing Telemetry Transport). Utilise TCP/IP. Basé sur le modèle d'envoi de message de type publier/souscrire (publish/subscribe ou encore P/S)
  - ▶ AMQP - (Advanced Message Queuing Protocol). Utilise TCP/IP. Envoi de message de type point-à-point et P/S
  - ▶ COAP-(Constrained Application Protocol) - Utilise UDP. peut être vu comme une redéfinition de HTTP pour l'IoT (basé sur le même modèle requête/réponse)

# Platforme IBM Watson IoT

## Architecture

