

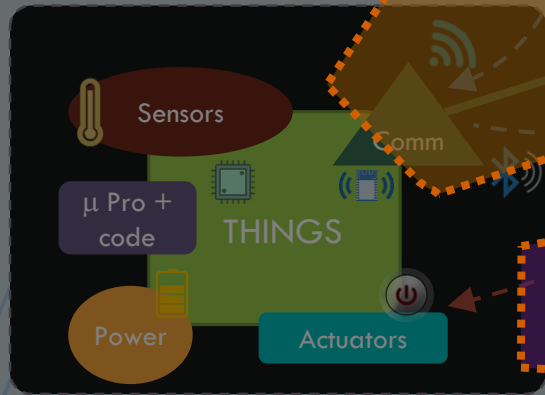
# **L'internet des objets Matériel & Logiciel**

**Séance 2  
Master spécialisé IPS**

# RÉSUMÉ DE LA PREMIÈRE SÉANCE

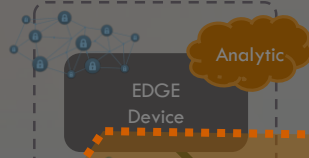
- Comprendre le concept de l'Internet des Objets
- Visualiser l'architecture interne et l'environnement d'un objet connecté
- Connaître des applications concrètes de l'utilisation de l'Internet des objets
- Permettre d'évaluer la pertinence de cette technologie
- Ouvrir l'esprit sur les prochains développements technologiques

Components  
Model



Smart Objects / Machines

Edge Computing



Object Connectivity  
Platforms

Gateway

INTERNET

IoT Development  
Platforms (APPS)

Cloud IoT Platforms

Cloud Computing

Monitoring  
M2M,  
Automation

AI  
Artificial Intelligence  
Machine Learning

Data

Cloud  
Services

BI  
Business Intelligence

Data

Data

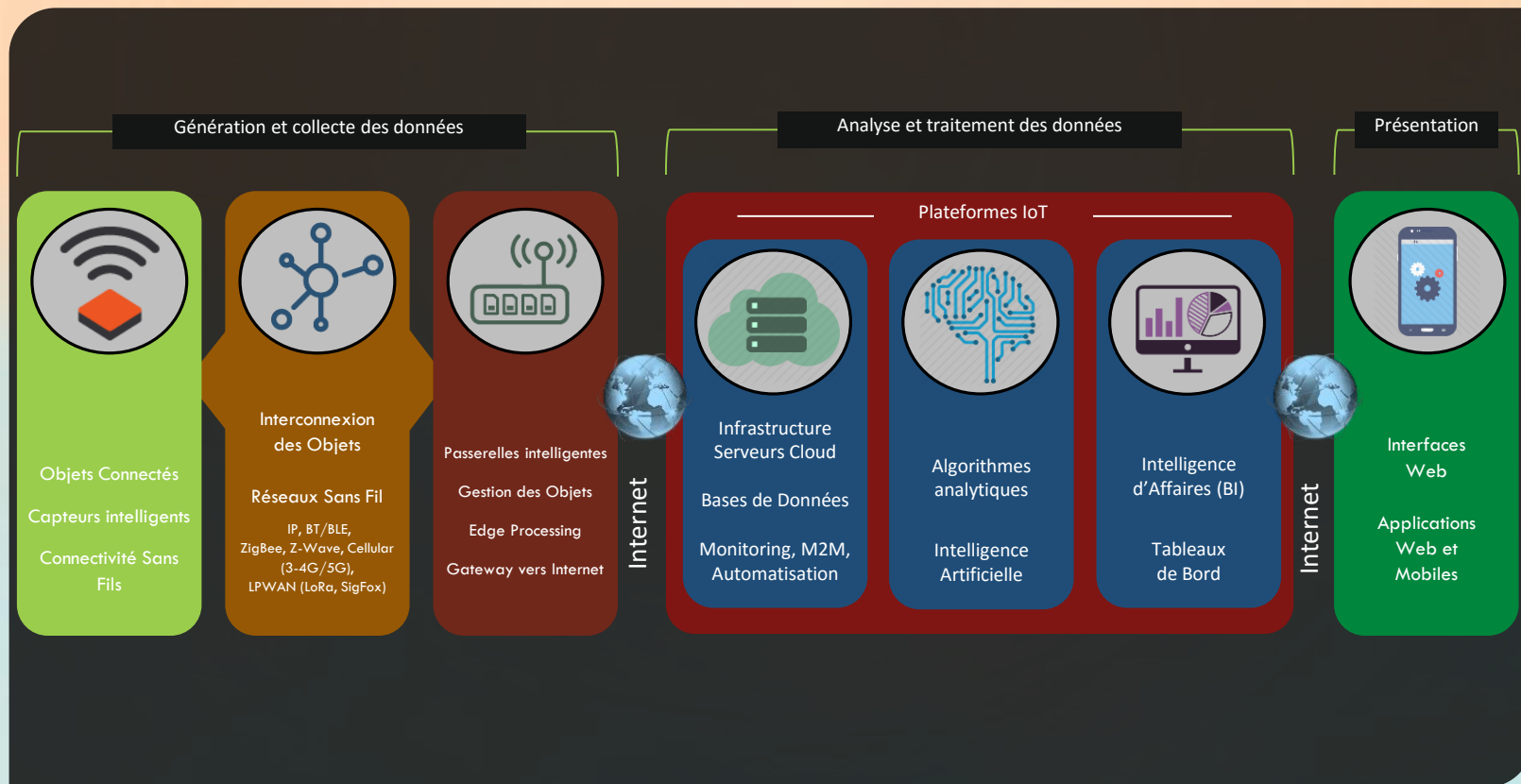
Cloud IoT Platforms

Interface

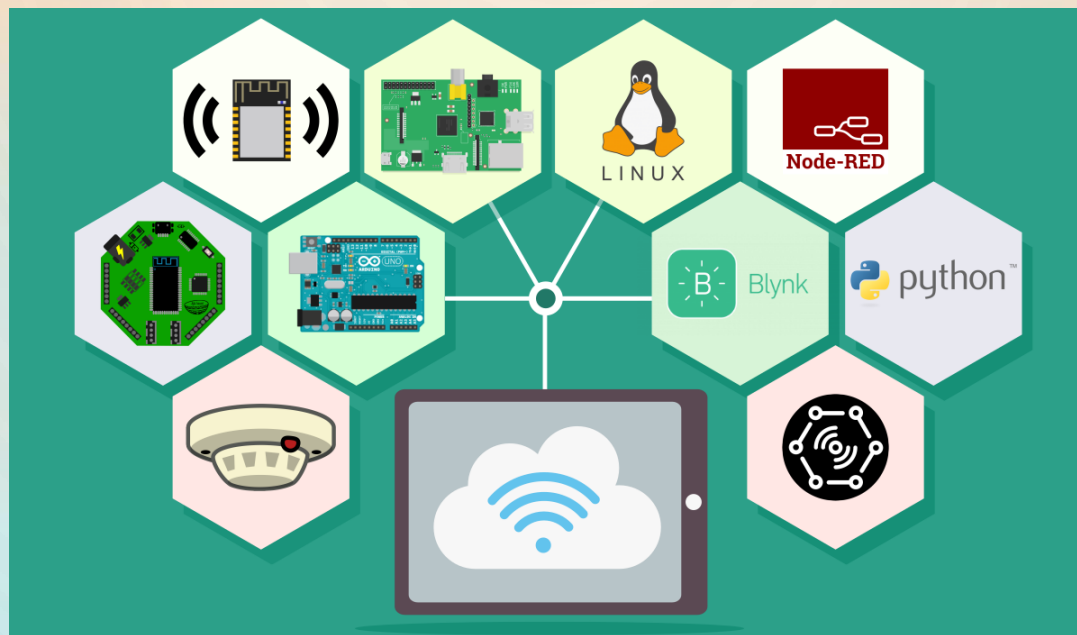
Mobile App

WEB App

Human Interaction



# Matériel & Logiciel



# MATÉRIEL

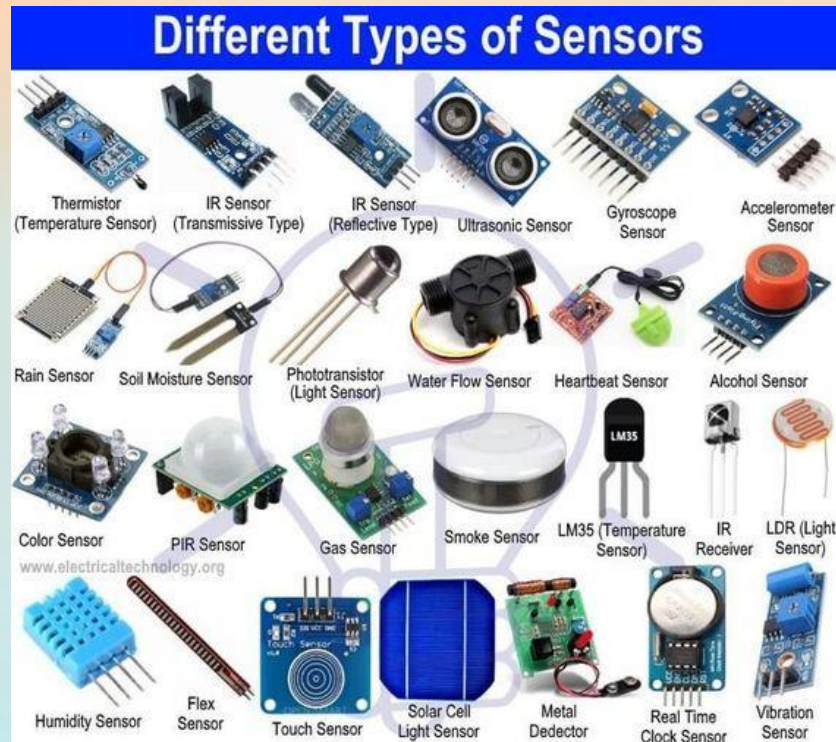
Le matériel étant purement composé de composantes électroniques (ou électriques) on peut le séparer en 3 groupes:

- **les capteurs et les actionneurs**
- **le microcontrôleur et le micro-ordinateur**
- **L'émetteur et le récepteur (réseau de communication).**

## 1.1 LES CAPTEURS ET LES ACTIONNEURS

- Un capteur est un dispositif qui transforme les phénomènes physiques en signal électrique. Exemple: la chaleur en signal électrique, le taux d'humidité en signal électrique, etc.
- Un actionneur est un dispositif qui transforme le signal électrique en un phénomène physique: le contraire du capteur. Exemple: électricité en rotation le cas des ventilateurs, ou électricité en chaleur comme les chauffes eaux.

# 1.1 LES CAPTEURS ET LES ACTIONNEURS





# COMMENT CHOISIR SON CAPTEUR ET OU ACTIONNEUR ?

Tout dépend des besoins de votre projet IOT, Mais vous pouvez vous référer sur ces éléments à savoir:

- **la Tension et courant de fonctionnement**
- **sa précision**
- **son protocole de communication matériel**
- **le phénomène physique qu'il capteur ( pour un capteur)**
- **le phénomène physique qu'il crée ( pour un actionneur )**
- **Le prix**

# UN EXEMPLE DE CHOIX DE CAPTEUR

On a besoin de mesurer humidité de l'air.

Données: Tension de fonctionnement : 5v, et précision exigée.




Voici une liste de 4 capteurs humidité:

				
<b>Nom</b>	<b>DHT11</b>	<b>DHT22</b>	<b>HIH-4030</b>	<b>Si7021</b>
<b>prix</b>	5.00 \$ / 3031 Fr CFA	9.95 \$ / 6032 Fr CFA	18.95 \$ / 11467 Fr CFA	7.95 \$ / 4819 Fr CFA
<b>Tension / courant</b>	3.3 à 6 V	3.3 à 6 v	4 à 5.8 V	1.9 à 3.6 V
<b>précision</b>	± 5 %	± 2 %	± 3.5 %	± 3 %
<b>protocole de communication</b>	OneWire	OneWire	Analogique	I2C

# UN EXEMPLE DE CHOIX D'ACTIONNEUR

Nous voulons faire un robot véhicule, on a besoin de moteur pour faire tourner les roues sous une tension de 5v.

Dans cet exemple: on ne cherche pas la précision mais plutôt la vitesse et la légèreté.

			
<b>Nom</b>	<b>DG01D:48:1 motoréducteur</b>	<b>SM-42BYG011-25 moteur pas à pas</b>	<b>Parallax Continuous Rotation Servo</b>
<b>prix</b>	4.11 \$ / 2492 Fr CFA	15.95 \$ / 9669 Fr CFA	19.95 \$ / 12093 Fr CFA
<b>Tension / courant</b>	4.5v/250mA	12V/330mA	4 à 6 V / 140mA
<b>vitesse de rotation</b>	140 RPM	9 RPM	50 RPM
<b>Masse</b>	30 g	20 g	42.5 g
<b>protocole de communication</b>	Digitalcontrol / normal	Digitalcontrol / normal	Digital control / PWM

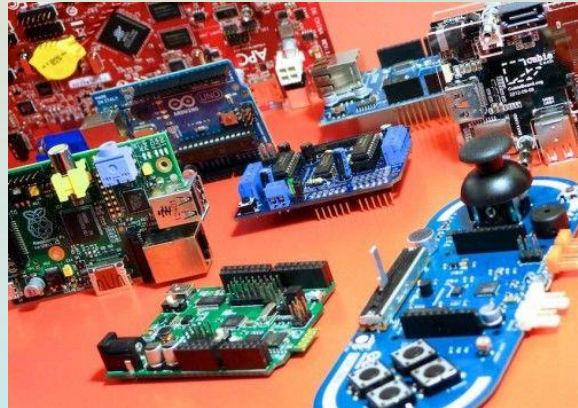
## 1.2 LES MICROCONTRÔLEURS ET MICRO-ORDINATEUR

Ils sont chargés de recueillir les valeurs provenant des capteurs, et de faire un traitement sur les données et des fois sauvegarder une partie. Ils peuvent donner aussi des ordres aux actionneurs du genre faire tourner le moteur à  $180^\circ$ , allumer une lampe etc.

On peut les diviser en 2 groupes:

Les microcontrôleurs

Les micro-ordinateurs



# LES MICROCONTRÔLEURS





Ils sont souvent utilisés pour tout ce qui est acquisition, traitement des données provenant des capteurs (faire de petites opérations mathématique, convertir des valeurs, filtrer, etc.) et le contrôle des actionneurs.

Le microcontrôleur contient: plusieurs ports de connexion, de microprocesseur, ram, mémoire (vive et morte) comme un ordinateur, à la seule différence que ses ressources sont très limitées, conçus pour faire de petites opérations.

# COMMENT CHOISIR SON MICROCONTRÔLEUR ?

## Critères:

- le nombre de port d'acquisition de données et de contrôle
- la puissance de calcul et la mémoire
- La tension de fonctionnement et consommation en énergie
- les protocoles de communication (matériel) du microcontrôleur
- le langage de programmation qu'il supporte
- l'interface réseau (Dans certains cas)
- le prix

				
Nom	Arduino Uno	Node MCU (esp8266)	Pycom	Nucleo-F401RE (STM32)
Nombre de port	20	16	22	50
Tension / courant	5v/20mA	3.3 à 5 V/550mA mode wifi	3.3 à 5.5V/ 400mA en 3.3v	7V to 15V / 2.4uA at standby
Puissance et mémoire	Atmega328P / 32 KB	Tensilica Xtensa LX106 / 4MB	Espressif ESP32 SoC / 8MB	ARM Cortex M4 / 512KB
Interface réseau	NON	Wifi	Wifi, Bluetooth, Lora, Sigfox, LTE NB1	NON
protocole compatible	I2C, SPI, UART, Analog, Digital	I2C, I2S, SDIO, SPI, UART, Analog, Digital, ADC	I2C, SPI, UART, Analog, Digital, ADC	I2C, SPI, UART, USART, Analog, Digital, ADC
langage de programmation	Arduino, C/C++	Arduino, C/C++, micropython, lua, javascript	Micropython	Arduino, C/C++, micropython
prix	20 £ / 13120 Fr CFA	10 £ / 6560 Fr CFA	54 £ / 35422 Fr CFA	13.83\$ / 8384 Fr CFA





# LES MICRO-ORDINATEURS

Ils sont souvent utilisés pour faire la passerelle (gateway) car ayant une puissance de calcul et une mémoire d'accès proches des ordinateurs. ils sont équipés de bases de connectique pour accéder à internet. On les utilise pour recevoir les données provenant des capteurs pour ensuite les envoyés au serveur cloud. Le choix du micro-ordinateur peut être guidé par ses caractéristiques:

- **Puissance de calcul et mémoire**
- **Système d'exploitation**
- **Nombre de port d'acquisition de données et contrôle**
- **Prix**



# LES MICRO-ORDINATEURS

			
<b>Raspberry pi 4</b>	<b>BeagleBone black</b>	<b>Omega2 Pro</b>	<b>lattepanda Delta 432</b>
40	92	30	50
Quad core Cortex-A72 (ARM v8) / 4Go	AM335x 1GHz ARM Cortex-A8 / 512 MB	580MHz MIPS CPU / 128 MB	Intel 8th Gen Celeron Processor / 4 GB
Wifi, Ethernet, Bluetooth	Ethernet	Wifi, Ethernet	Wifi, Ethernet, Bluetooth
I2C , SPI , UART, Digital	I2C , SPI , UARTs, Digital, ADC	I2C, I2S, SPI , UART, Analog, Digital	I2C, I2S, USB, TTL, UART, RTC Digital, ADC
Ubuntu, raspbian, OSMC, Kalilinux	FreeBSD, Debian, android, ubuntu	OpenWrt 18.06 Linux	Windows, Linux
60.90 £ / 39948 Fr CFA	55 \$ / 33339 Fr CFA	49 \$ / 29702 Fr CFA	188\$ / 113958 Fr CFA



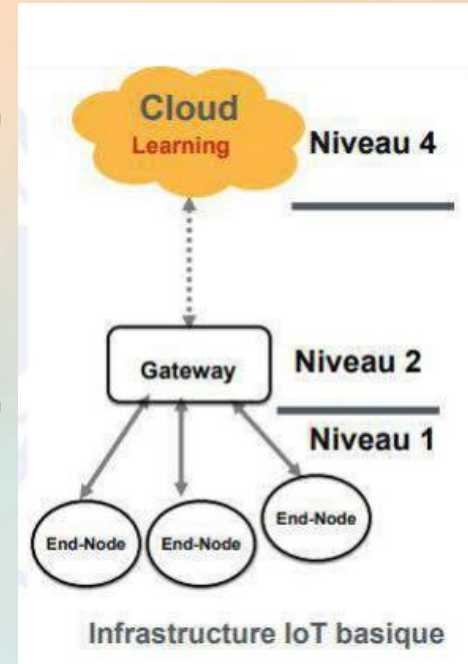
# LES MICRO-ORDINATEURS

NOM DE LA CARTE	ARDUINO UNO	BEAGLEBONE	RASPBERRY PI (MODEL B)
Origine	Interaction Design Institute d'Ivrea (Italie)	Projet de Hardware Open Source piloté par Texas Instruments	Université de Cambridge
Organisation en charge des spécifications	Arduino.cc	BeagleBoard.org	Raspberry Pi Foundation (fondation de droit anglais)
Naissance	2005 (fabrication en Italie par Smart Projects)	2008 (BeagleBoards) - 2011 (BeagleBone) (accord de fabrication/distribution avec Digi-Key)	2008 (accord de fabrication avec RS Components et Farnell/Element 14 en 2011)
Prix	30\$	90 \$(45 \$ pour le BeagleBone Black)	Moins de 40\$
Taille	45,43x32,34mm	86,36x53,34mm (bords arrondis)	85,60x53,98mm
Processeur	ATmega328 8 bits d'Atmel à 16MHz	Sitara 335x de TI basé sur un Cortex-A8 à 720MHz (1 GHz pour la BeagleBone Black)	BCM2835 de Broadcom basé sur un ARM11 à 700MHz GPU intégrée (Video Core 4 de Broadcom)
Mémoires	2 Ko Ram, 1 Ko Eeprom	256 Mo DDR2 (512 Mo DDR3 pour la BeagleBone Black)	512 Mo Sdram
Mémoire Flash	32 Ko	Sur MicroSD (4 Go)	Sur carte SD
Tension d'entrée	7V - 12V	5V - 3,3V	5V
Consommation	42mA (0,5W)	210 à 450mA (2,5W max.)	700mA (3,5W)
Ethernet	Non	10/100 Ethernet	10/100 Ethernet
USB	Non	1 USB 2.0	2 USB 2.0
Sorties vidéo	Non	Non (micro HDMI pour la BeagleBone Black)	Composite et HDMI
Développement	Langage de programmation Arduino	Environnement BoneScript. Langages Phytton, Scratch, Squeak	Langages Scratch, Squeak

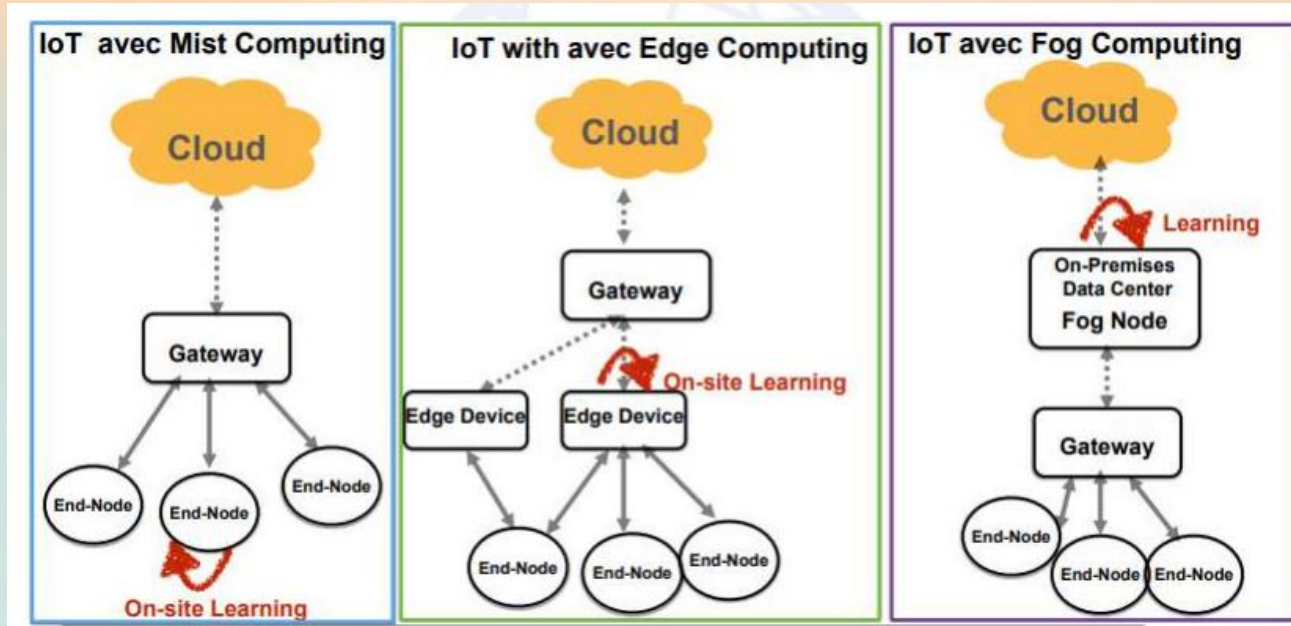
## LE NIVEAU 3 (OPTIONNEL)

Le niveau 3 est un choix technologique (optionnel) qui permet d'alléger la charge du travail vers le Cloud et de faire des traitements locaux /on the Edge.

- Trois solutions techniques sont possibles pour l'implémentation du 3ème niveau :
  - Fog Computing : permet un calcul décentralisé en traitant les données IoT au niveau des noeuds locaux —Fogll avant de relayer l'information vers le cloud.
  - Edge Computing : le traitement des données IoT se fait à l'extrémité du réseau (Gateways ou des noeuds intermédiaires entre objets et gateways).
  - Mist Computing : le traitement des données se fait localement dans le nœud capteur.



# LE NIVEAU 3 (OPTIONNEL) EDGE VERSUS FOG VERSUS MIST



## 1.3 – LE RÉSEAU DE COMMUNICATION

Cette partie est très importante car c'est le moyen que les données vont emprunter pour quitter le microcontrôleur (où les capteurs sont connectés) pour rejoindre la passerelle (Gateway) pour par la suite atteindre le serveur (Cloud).

Le réseau est implémenté sur le microcontrôleur et sur le micro-ordinateur. ***Même protocole dans les deux sens.***

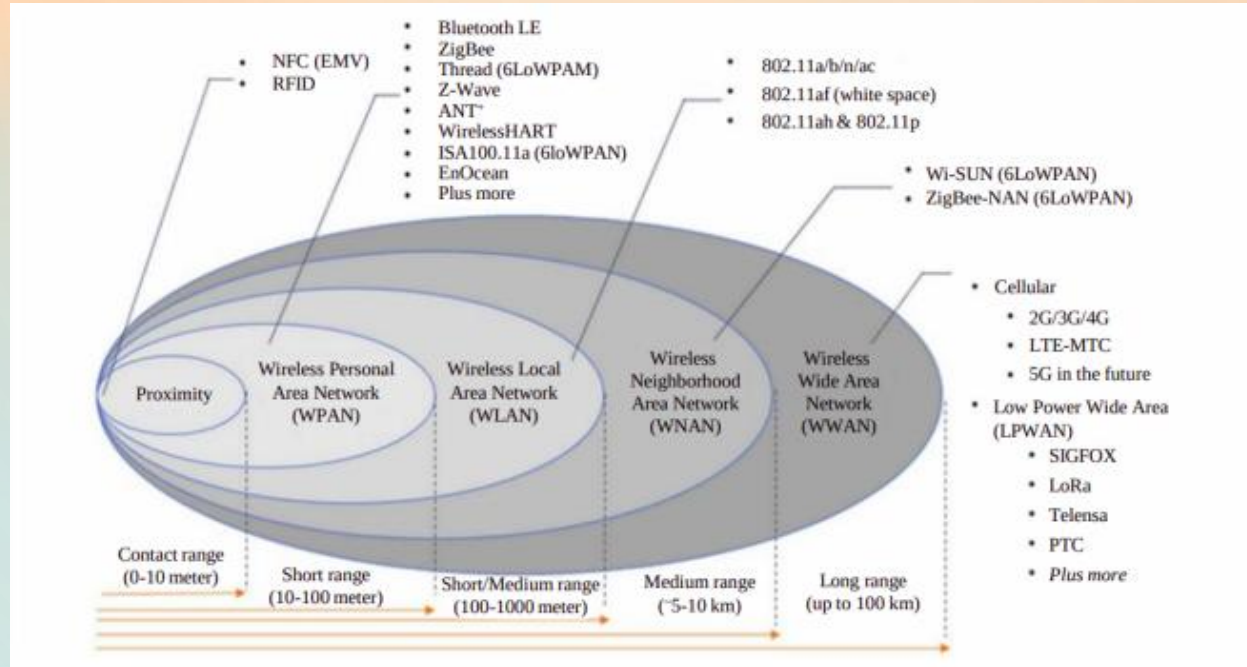
On a plusieurs réseaux de communication Filaires ou sans-fil.

- **Filaire : RS232, CAN, RJ45**
- **Sans fil: Zigbee, Lora, Sigfox, Wifi, Bluetooth, Nfc , RFID**

N.B: Possibilité d'ajouter une extension (shield).

Exemple la carte arduino uno + une extension (shield) Lora pour communiquer avec une passerelle lora.

# LE RÉSEAU DE COMMUNICATION



# LE RÉSEAU DE COMMUNICATION

Répondre à un critère d'usage : La **couverture de la zone** d'usage des objets : Sur un campus, Sur une ville,  
Sur l'ensemble de la planète.

Répondre à une contrainte : l'objet disposera-t-il d'une **source d'énergie en permanence** ?

Cela conditionne :

L'**architecture** de la solution,

La **conception** de l'objet,

Le **cycle de vie** de la solution

Réalité: Toutes les technologies ne sont pas adaptées à tous les cas d'usages et leur déploiement.







# LE RÉSEAU DE COMMUNICATION

Pour choisir son réseau de communication on peut se baser sur ses caractéristiques

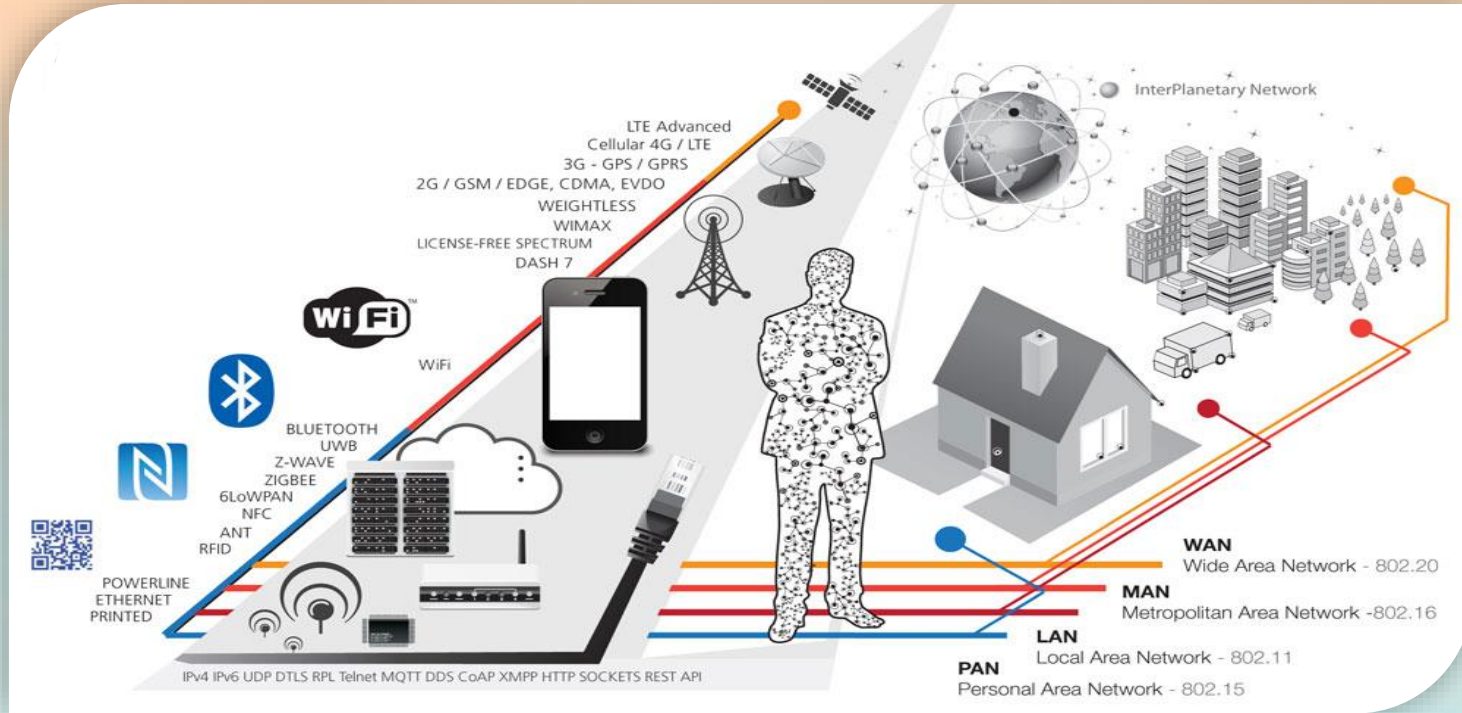
**La distance d'émission et de réception (Portée)**

**la vitesse de communication (Bande passante)**

**Consommation en énergie**

						
<b>Nom</b>	RS232	LORA	Wifi	Bluetooth	ZIGBEE	RFID
<b>Porté (m)</b>	60m max (en fonction du débit)	5 km (en ville), 15km (campagne)	100 à 1000 m	10 à 100 m	10 à 100 m	0 à 10 m
<b>débit de données</b>	75 bit/s à 115 200 bit/s	27 kbps (50 kbps en modulation FSK)	2 Mbps à 2.4 Gbps	125kbps à 2Mbps en BLE jusqu'à 24Mbps en Classis	250 Kbit/s	40Kbps
<b>Consommation en Energie</b>	comme c'est une liaison filaire, la consommation en énergie est négligeable	de l'ordre des mA	de l'ordre du mA au A	15mA max en BLE, 30 mA max en Classic	50 mA en RX, 45mA en TX	l'ordre des mW
<b>Exemple d'usage</b>	Domotique, industrie	smart agriculture, éclairage, smart city, industrie 4.0	Transport, vidéosurveillance	Domotique, santé, smart agriculture	Smart building, smart Grids	Domotique, transport, santé, élevage, finance

# TECHNOLOGIES DE CONNECTIVITÉ





# Technologies à courte portée

## RFID (Radio Frequency-Identification)

RFID stockent les identifiants (UII Unique Item Identifier or EPC, Electronic Product Code) et les données et elles sont attachées aux objets.

Exemple : les étiquettes autoadhésives, qui peuvent être collées ou incorporées dans des objets ou produits et même implantées dans des organismes vivants (animaux, corps humain).

- Les radio-étiquettes comprennent une antenne associée à une puce électronique qui leur permet de recevoir et de répondre aux requêtes radio émises depuis l'émetteur-récepteur.)



# Technologies à courte portée

## RFID (Radio Frequency-Identification)

On distingue deux types d'étiquette RFID :

- RFID passif : Alimentation RF depuis le lecteur. La durée de vie est illimitée. Et la portée 3-5m.
- RFID actif : Batterie interne incorporée dans la balise. la durée de vie est limité (approximativement 10 ans). Portée jusqu'à 100m. Les objets RFID sont lus par des lecteurs de carte (Reader). Le lecteur passe le numéro à une application spécifique pour consulter les détails depuis une base de données.

# Technologies à courte portée

## NFC (Near Field Communication)

Une technologie favorisant des interactions bidirectionnelles simples et sûres entre deux dispositifs électroniques (les smartphones en particulier).

Exemple d'usage:

Permettre aux consommateurs d'effectuer des transactions par paiement sans contact, d'accéder à des contenus numériques et de se connecter à des dispositifs électroniques.

- Portée : 10 cm
- Vitesses de transmission : 100–420 Kbit/s



# Technologies à moyenne portée

## Bluetooth : 802.15.1

- Technologie basée sur la norme IEEE 802.15.1.
- La technologie Bluetooth est un acteur incontournable pour les réseaux de courte portée (WPAN).
  - Low power, Low cost.
- Technologie évolutive : du Bluetooth classique vers le Smart Bluetooth.
- Fréquence : 2,4 GHz (ISM).
- Portée : 10 m (Téléphone mobile, écouteurs, équipement médical).
- Vitesses de transmission : 1 Mbit/s (version 1.2), 24Mbit/s (version 3.0).

# Technologies à moyenne portée

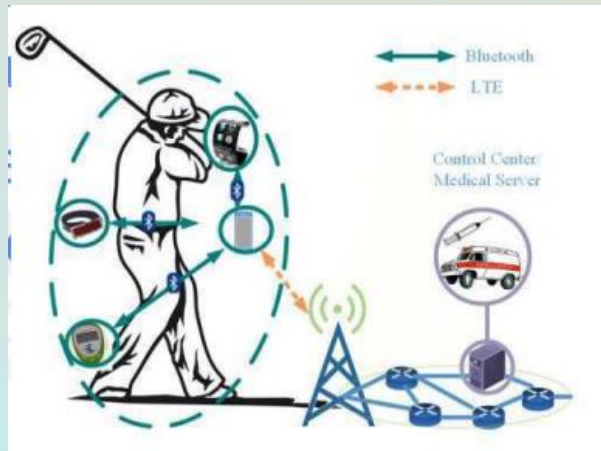
## SMART Bluetooth : Bluetooth Low Energy (BLE)

- Sous classe de la famille Bluetooth 4.0 mais issue d'une solution Nokia indépendante.
- La norme BLE offre une consommation réduite d'énergie (Tx 2.9mW, Rx 2.3mW).
- Les caractéristiques sont les suivantes :
  - Portée : 50-150m (extérieur) avec des temps de latence 15 fois plus courts que Bluetooth.
  - Vitesses de transmission : 1 Mbit/s
  - Utilisation : applications envoyant un volume réduit de données.
- BLE n'est pas compatible avec Bluetooth.

# Technologies à moyenne portée

## SMART Bluetooth : Bluetooth Low Energy (BLE)

*Prenons l'exemple de montres de sport connectées. Vous pouvez synchroniser vos activités avec votre téléphone, mais c'est le réseau mobile qui fait le lien avec la plate-forme cloud du fabricant pour stocker et exploiter vos données.*

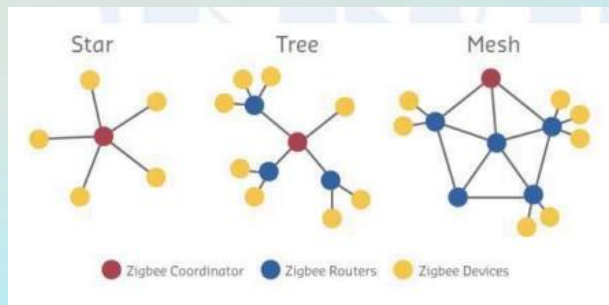


# Technologies à moyenne portée

## ZigBee

- Créée par Zigbee Alliance et est basée sur la norme IEEE 802.15.4.
- ZigBee est un protocole non IP cible les applications nécessitant des échanges de données relativement peu fréquents à de faibles vitesses de transmission sur un espace restreint et dans une portée de 100 m (résidence ou bâtiment, par exemple).
- Les caractéristiques sont les suivantes :
  - Fréquence : (2,4 GHz, 250 kbps), (868 MHz, 20 kbps), (915 GHz, 40 kbps) (ISM).
  - Portée : 10-100 m.
  - Vitesses de transmission : 250 Kbit/s (low data rates)

Le coordinateur est responsable de la gestion des clients, la formation et la maintenance du réseau.





# Technologies à Longue portée

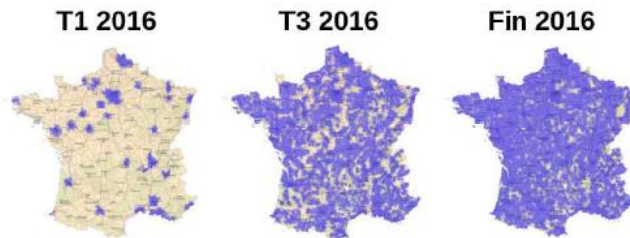
## Les LPWAN (Low Power Wide Area): Sigfox et LoRaWAN

2 technologies à longue portée et faible consommation.

Couverture du réseau SigFox en 2016.



Couverture du réseau LoRa de Bouygues télécom (objenious) en 2016.



Sigfox promet une meilleure pénétration et une meilleure portée, LoRa annonce une meilleure communication bidirectionnelle et une localisation par triangulation plus fine.



# Technologies à Longue portée

## Les LPWAN : Sigfox et LoRaWAN

2 technologies à longue portée et faible consommation.

même catégorie mais pas identiques.

Les points communs:

Réseaux permettant d'envoyer des messages de petite taille de l'ordre de l'Octet (12 pour Sigfox et 24 pour LoRa).

Réseaux à fort taux de pénétration.

### **Les points forts du LoRa:**

LoRa est plus qu'un réseau, il s'agit d'une technologie « standardisée » basée sur 2 bandes de fréquences libres

Nous parlons de standard, car il est à la portée de tous de déployer son propre réseau LoRa en mode privé.

Standardisée => Rapidement déployé par la plupart des opérateurs de téléphonie.

# Technologies à Longue portée

## Le M2M

Avec le M2M (Machine to Machine), il s'agit tout simplement d'utiliser des réseaux télécom existants à savoir de la 2G jusqu'à la 4G. Majoritairement, il s'agit d'abonnements souscrits auprès des opérateurs de téléphonie pouvant donner accès uniquement à des volumes de données.

Le modèle économique actuel, avec un volume de données mensuel limité, commence à évoluer vers un service de type « Pay As You Use » soit un paiement à l'usage.

# Technologies à Longue portée

Standards IoT Cellulaires 3GPP : LTE-M et NB-IoT

LTE-M (LTE for Machine Type Communication) - NB-IoT (Narrowband IoT)

NB-IoT permet d'atteindre des portées de 15 Km.

- Débit : débit limité à 200 kbps (downlink) et 20 kbps (uplink).
- Durée de vie batterie : 10 ans (200 octets par jour).

eMTC (ou LTE-M) qui est une extension logicielle de 4G LTE. Il requiert un canal de 1,4 MHz (à l'intérieur d'un canal LTE de 20 MHz) et permet des débits de 1 Mbit/s.

C'est une solution adaptée au trafic M2M.

# Résumé des technologies de réseau

Technologie	Points forts	Points Faibles	Type de cas d'usage
LoRa			
Sigfox			
M2M			
RFID			
Bluetooth			

# Résumé des technologies de réseau

Technologie	Points forts	Points Faibles	Type de cas d'usage
<b>LoRa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Faible consommation énergétique</li> <li>•Longue portée</li> <li>•Un standard opérable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Couverture mondiale encore faible</li> <li>•Taille et volume de données</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Relève de compteurs d'énergie</li> <li>•Envoi d'informations ponctuelles (géolocalisation,</li> </ul>
<b>Sigfox</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Faible consommation énergétique</li> <li>•Longue portée</li> <li>•Un opérateur unique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Couverture mondiale encore faible</li> <li>•Taille et volume de données</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Relève de compteurs d'énergie</li> <li>•Envoi d'informations ponctuelles (géolocalisation,</li> </ul>
<b>M2M</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Couverture mondiale importante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Consommation d'énergie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Terminaux de paiement</li> <li>•Application avec de gros volumes de données ou d'envoi de données sur incident</li> </ul>
<b>RFID</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pas d'émission d'ondes</li> <li>•Pas besoin d'énergie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Faible portée</li> <li>•Nécessité d'une passerelle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Géolocalisation de zone</li> <li>•Identification (contrôle d'accès, autorisation,...)</li> </ul>
<b>Bluetooth</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Taille et volume des messages</li> <li>•Débit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Faible portée</li> <li>•Nécessité d'une passerelle</li> </ul>	

