

E3020 Systèmes embarqués

CM12-IOT FONDAMENTAUX

En un mot ...

L'Internet des Objets (ou 'IoT') est considéré comme la nouvelle évolution de la bulle Internet

1. Le principe est de connecter tous les objets de notre quotidien
2. L'interconnexion des objets, personnes, processus et données pour un monde plus efficace et meilleur
3. L'évolution IoT est déjà en marche !

Table des matières

1. Évolution des concepts et technologies
2. Objet connecté et Internet
 1. Pour qui, pour quoi, comment ?
 2. Architecture
 3. Modèle machine to machine
 4. Avantages & contraintes
3. Standards et plateformes disponibles
4. Orientations et tendances fortes
5. Sécurité

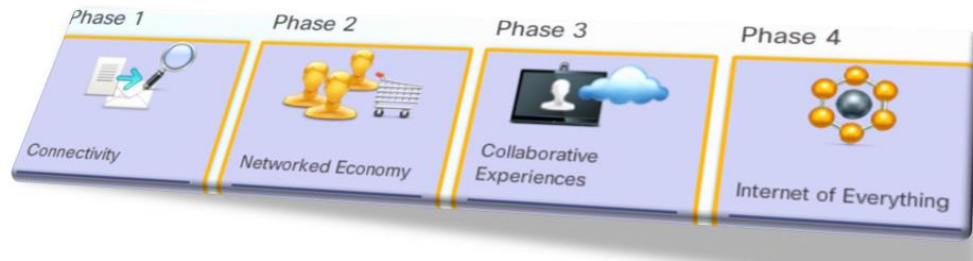
Évolution des concepts et technologies

L'Internet a évolué d'une manière que nous n'aurions jamais pu imaginer

1. Les progrès se sont produits lentement au début, l'innovation et la communication se produisent à un rythme remarquable actuellement
2. Internet offre des connexions mondiales qui rendent possible le surf web, les médias sociaux et les appareils mobiles

Évolution des concepts et technologies

1. L'évolution de l'Internet a connu quatre phases distinctes
2. Chaque phase a eu un effet sur les entreprises et la société



Évolution des concepts et technologies

1. La première phase a débuté il y a plus de 20 ans et est considérée comme la « Connectivité »
 1. *E-mail, Web, recherche de contenu, IRC... ne faisait que commencer*
2. La deuxième phase, années 90's, était la phase « Economie en réseau »
 1. Elle a donné naissance au e-commerce et aux chaînes d'approvisionnement connectées numériquement
 2. Elle a changé la façon d'acheter et les entreprises ont atteint de nouveaux marchés



Évolution des concepts et technologies

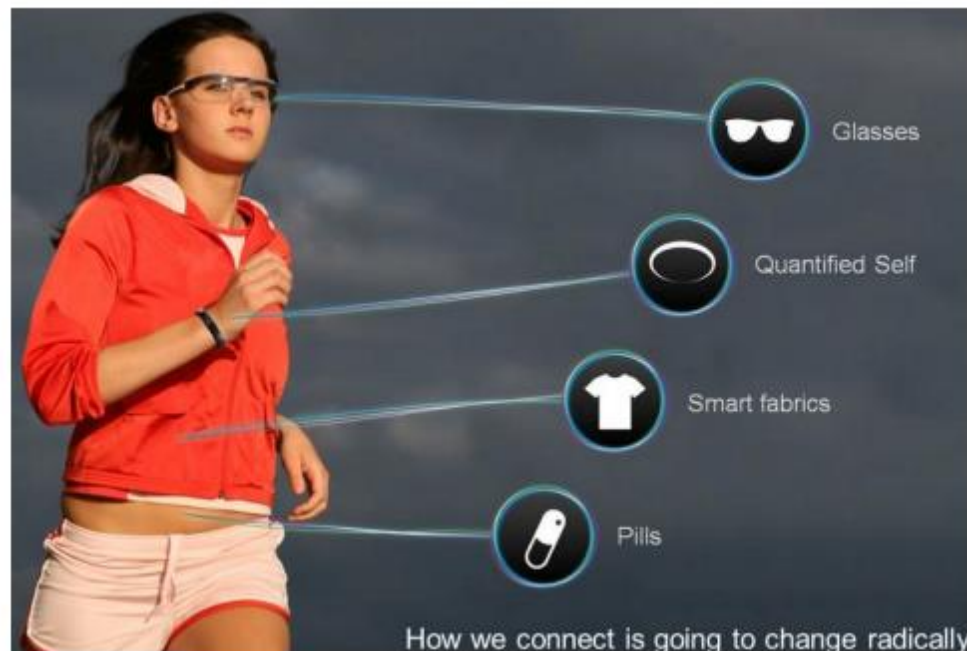
1. La troisième phase, début 2000, connue comme la « Collaboration »
 1. Elle est dominée par l'utilisation généralisée des médias sociaux, la mobilité, la vidéo et le « cloud »
 2. Elle a transformé le monde du travail et des relations humaines.
2. La phase actuelle est appelée « Internet of Thing (IoT) »
 1. Connecter les personnes, les processus, les données et les objets
 2. Transformer l'information en actions qui créent de nouvelles capacités, des expériences plus riches et des opportunités sans précédent



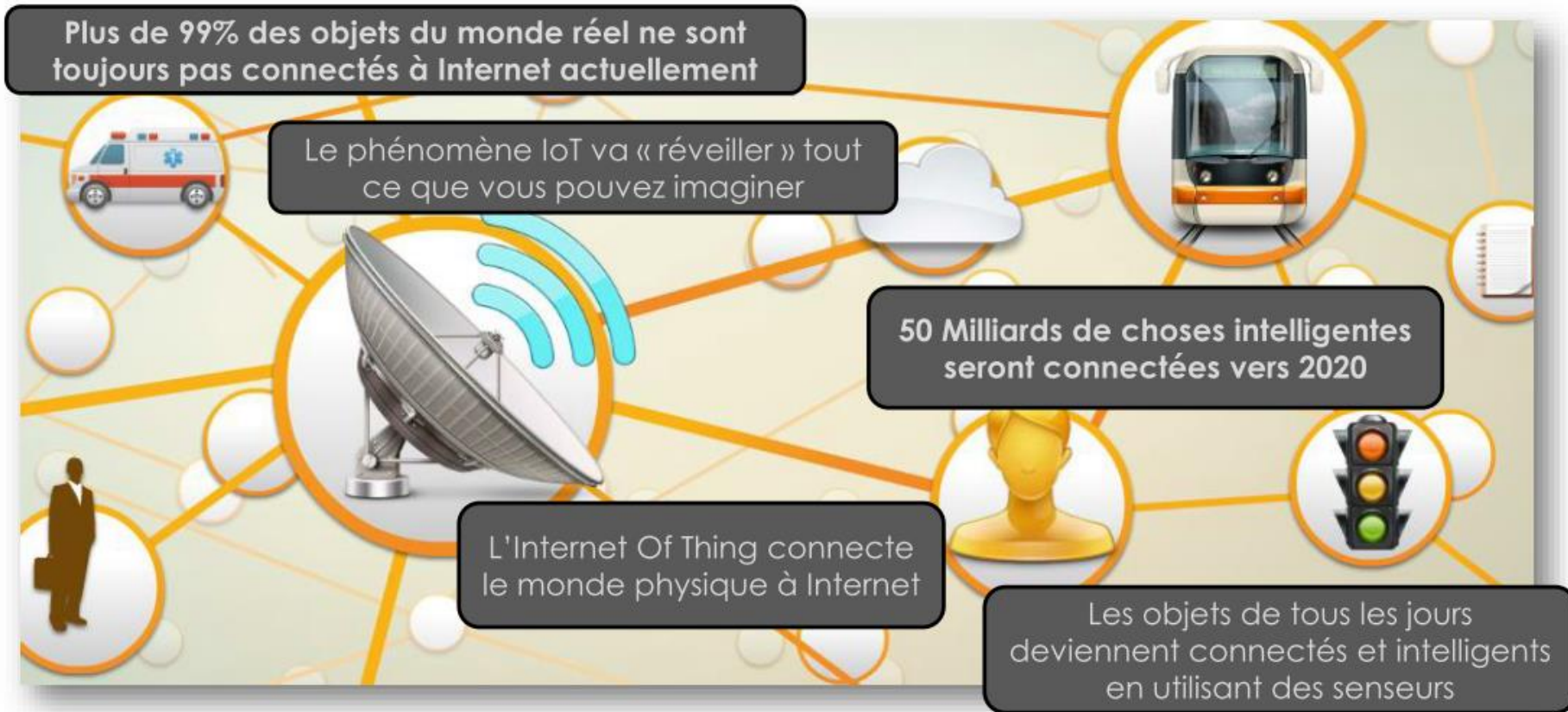
Évolution des concepts et technologies

Internet a radicalement changé la façon dont nous vivons. Pourtant, nous avons à peine effleuré la surface

C'est en branchant les non-connectés que nous allons passer de l'Internet à l'Internet des Objets.



Évolution des concepts et technologies



Évolution des concepts et technologies

IoT est constitué de quatre composants principaux interconnectés

L'information venant de ces connexions conduit à des décisions et des actions en temps réel, des expériences plus riches et des possibilités économiques sans précédent



Évolution des concepts et technologies

1. Aujourd'hui, les personnes se connectent socialement à travers leurs appareils. Les dispositifs portables et les vêtements sont déjà en train de changer la façon dont nous sommes connectés. Selon l'évolution, de nouveaux moyens apporteront confort et nouvelles valeurs.
2. Les données sont les informations générées par les personnes et les objets. Ces données, combinées avec de l'analyse, fournissent des renseignements utiles aux personnes et aux machines. De meilleures décisions seront prises et de meilleurs résultats seront obtenus.



Évolution des concepts et technologies

1. Les processus se produisent entre les trois autres piliers, ils créent les « liens ». Avec les bons procédés, les connexions deviennent plus utiles. Ces connexions donnent la bonne information, délivrée à la bonne entité, au bon moment et de manière plus pertinente.
2. Les objets physiques sont connectés à Internet mais aussi les uns aux autres. Ces dispositifs détectent et collectent des données, sont sensibles au contexte. Ils fournissent des informations plus expérientielles pour aider les personnes et les machines.



Évolution des concepts et technologies

Quelles sont ces choses?

- A l'heure actuelle, principalement composées de différents types de dispositifs informatiques traditionnels, ordinateurs, smartphones, tablettes...



Évolution des concepts et technologies

Selon www.internetworldstats.com , les données statistiques indiquent qu'il y avait environ 2,4 milliards d'utilisateurs sur Internet en 2012

- Le nombre d'appareils connectés sur Internet a dépassé cette population
- Cela représente moins de 1% des objets qui pourraient y être connectés



Pour qui, pour quoi, comment?

Les personnes, entreprises et gouvernements doivent constamment s'adapter aux changements, ceci implique :

1. La façon dont nous communiquons, collaborons et apprenons
2. La façon dont nous nous engageons avec les autres et les produits que nous utilisons
3. La façon d'apprendre de nouveaux produits, comparer les produits et habitudes d'achat

Pour qui, pour quoi, comment?

Les personnes/clients

1. Affecteront les sociétés automatiquement via les objets en ligne
2. Conduiront à un énorme succès ou à l'échec

IoT force les organisations à s'adapter aux tendances et problèmes à une vitesse instantanée

Pour qui, pour quoi, comment?

Les commerces doivent faire preuve de souplesse et s'adapter à l'évolution

1. Utiliser ces technologies pour rationaliser les coûts d'exploitation et d'automatisation
2. Fournir des offres plus pertinentes en utilisant des statistiques recueillies & réduire les coûts de la publicité ciblée
3. Obtenir un retour instantané des résultats générés par les objets du quotidien, une plus-value pour une gestion optimisée

Pour qui, pour quoi, comment?

Avec IoT, les commerces peuvent utiliser une approche simple, intelligente et sécurisée :

1. Simplify the Infrastructure (Simple)
 - Fait converger les infrastructures de diverses natures
2. Create Intelligence & Agility (Smart)
 - Les applications peuvent obtenir des informations à partir de l'infrastructure, pour de nouveaux services
3. End-to-End Security (Secure)
 - L'infrastructure se protège des attaques

Pour qui, pour quoi, comment?

Les industries

Il faudra une convergence entre la technologie opérationnel (OT) et la technologie de l'information (IT) que les industries ont mis en place

1. OT : définit l'infrastructure industrielle de contrôle, d'automation et de logique de contrôle
2. IT : réfère à l'infrastructure réseau IP, télécommunications & applications



Operational Technology



Information Technology

Pour qui, pour quoi, comment?

Les réseaux et systèmes OT sont souvent implémentés en utilisant des protocoles propriétaires

1. Ces protocoles n'interagissent pas correctement avec les réseaux IT
2. Une des premières étapes consiste à convertir les réseaux propriétaires OT en réseaux IP, ou de les utiliser par l'intermédiaire d'un « traducteur »



Pour qui, pour quoi, comment?

Parcours classique d'une entreprise :



Pour qui, pour quoi, comment?

Quand IT et OT convergent ! Partout à tout moment tout le temps et pour tout le monde à tout jamais

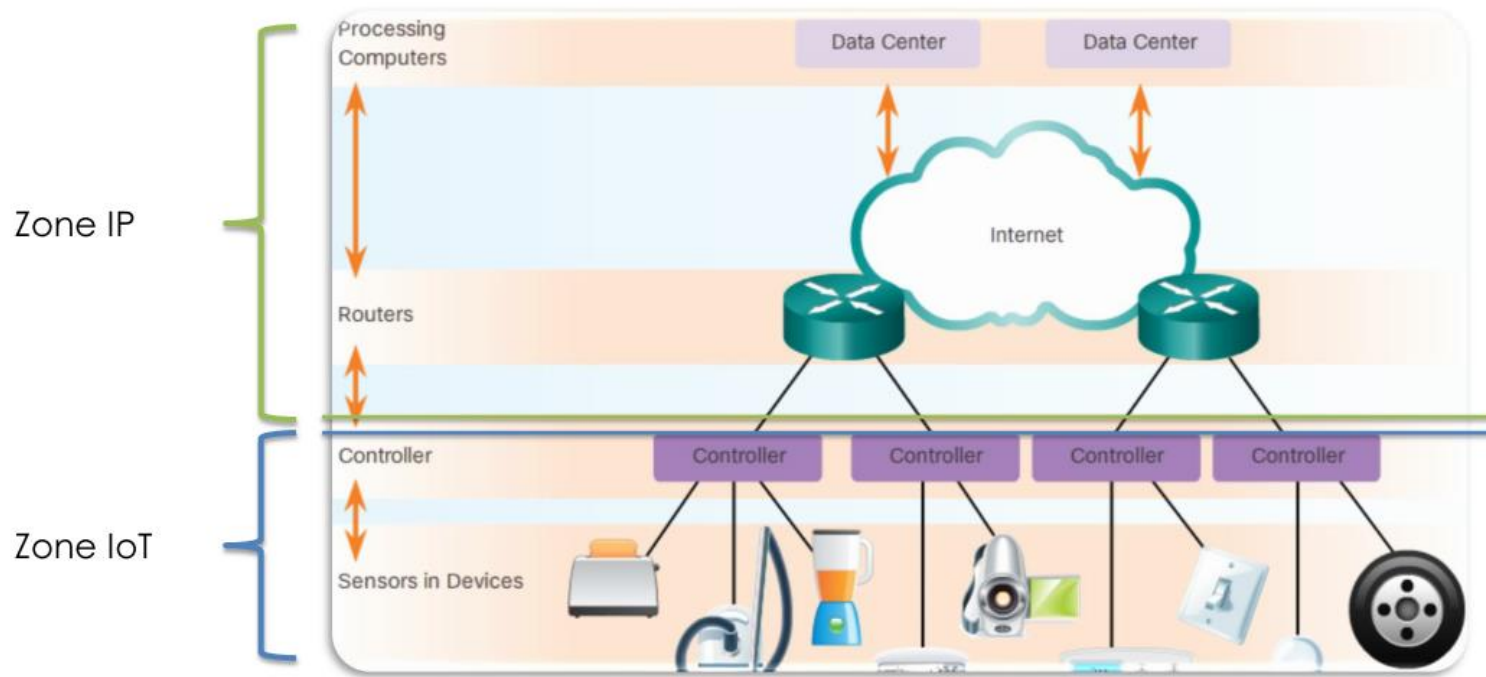


Pour qui, pour quoi, comment?

Comment ?

1. L'infrastructure IT classique est utilisée comme dorsale
 1. Le routeur/bbox comme point d'entrée vers le réseau IP classique
 2. Les clouds servent de stockage, de contrôle global ainsi que pour les statistiques en temps réel, ou pas (Big Data)
2. Des applications PC & mobiles pour visualiser/gérer l'information
 1. Ces divers services sont soit installés & gérés par l'entreprise ou le particulier, soit gérés via un fournisseur de services (abonnement)

Pour qui, pour quoi, comment?

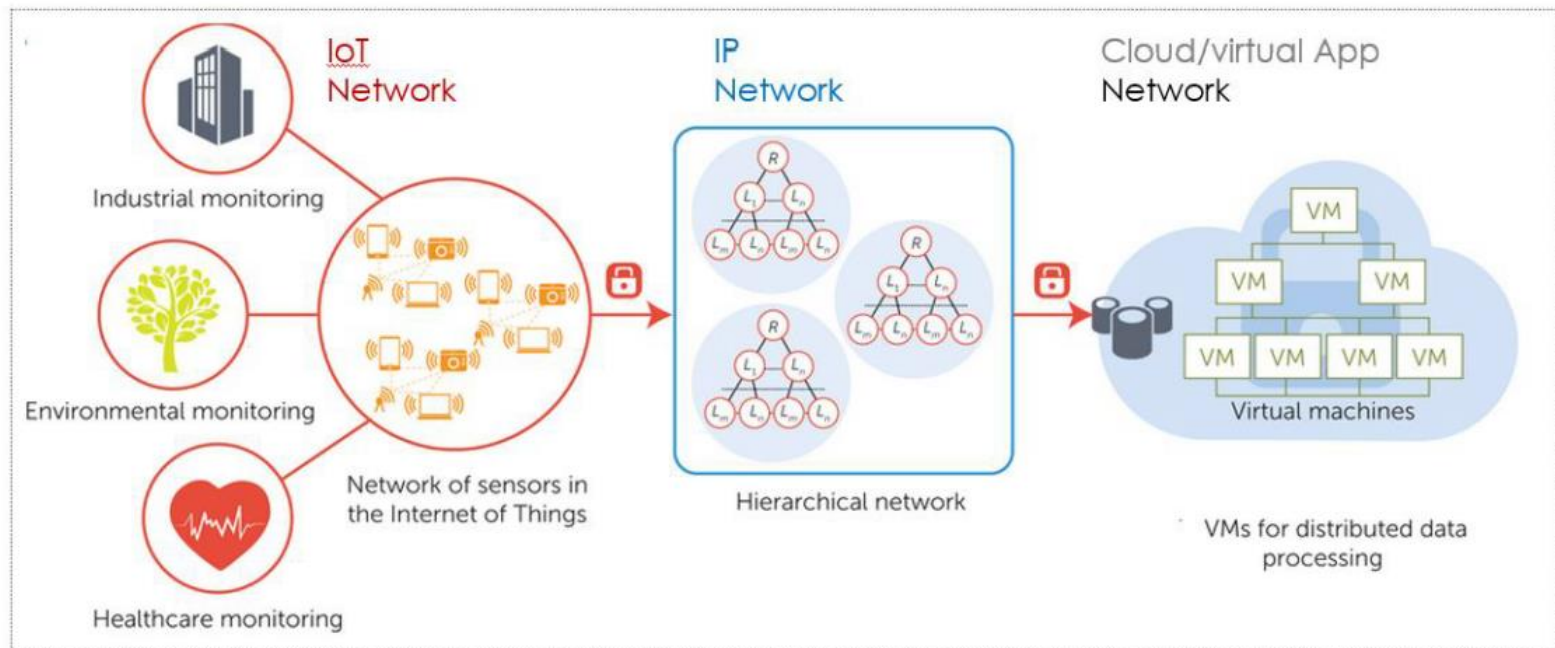


Architecture

L'architecture est composée de :

1. Objets connectés via un contrôleur local dans un réseau IoT
2. Contrôleur local qui communique avec les objets et est aussi relié sur le réseau IP existant
 1. Protocoles IoT utilisés entre objets et contrôleurs
 2. Protocoles IT utilisés entre contrôleur et les réseaux IP
3. Services Cloud et BigData pour le stockage et la gestion globale

Architecture



Architecture

Objets avec capteur, moteur, microcontrôleur et connectivité

Capteurs

- Ils sont un moyen de recueillir des données
- Ils transforment les aspects physiques de notre environnement en signaux électriques qui peuvent être traités numériquement
 - Exemples : capteurs d'humidité, température, mouvement...

Des capteurs de tous types vont jouer un rôle important pour relier tout ce petit monde

Architecture



mécanique

électrique



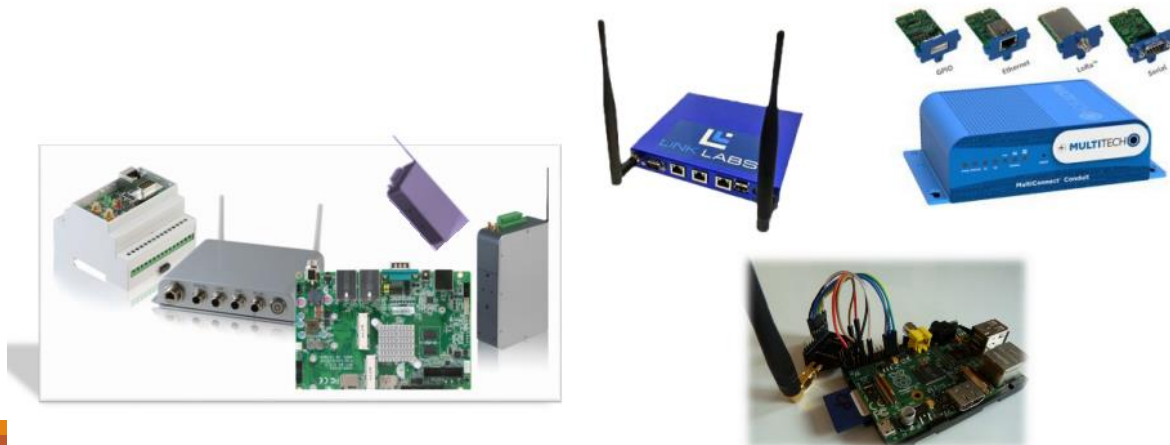
RFID, passif et sans alimentation



IoT - Gateway

Contrôleurs/Gateway

- ❑ Dédié à la centralisation des communications de plusieurs dizaines voir centaines d'objets
- ❑ Fait office de lien entre IoT et IP, utilise des protocoles IoT et IP
- ❑ Alimenté via secteur et situé à un endroit stratégique selon l'infrastructure
- ❑ Disponible sous diverses formes relatives à l'environnement d'utilisation



IoT -Connectivité

1. Les objets envoient de l'information, mais en reçoivent aussi
2. Les méthodes de communications utilisent des standards existants et/ou des standards IoT, mais « toujours » non filaires à cause de la mobilité et des distances



IoT - Connectivité Internet


Un accès Internet est requis bien sûr, chaque appareil connecté a besoin d'un identifiant unique nommé IP


Actuellement Internet utilise IPv4 qui est saturé (plus d'IP libre)

IPv6 permet un meilleur accès avec plus d'adresses disponibles

Des millions d'objets connectés vont arriver, beaucoup utiliseront IPv6 (contrôleurs, objets du commerces...)

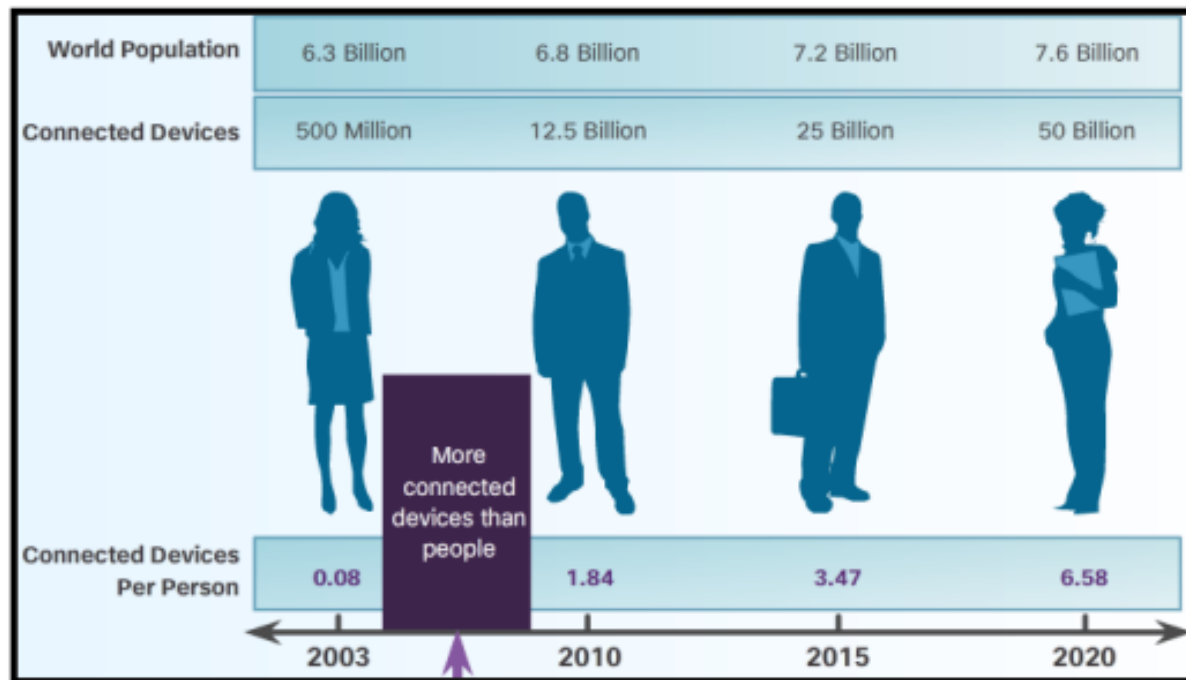
Appellation du nombre	Notation scientifique	Nombre de zéros
Mille	10^3	1,000
1million	10^6	1,000,000
1milliard	10^9	1,000,000,000
1trillion	10^{12}	1,000,000,000,000
1quadrillion	10^{15}	1,000,000,000,000,000
1quintillion	10^{18}	1,000,000,000,000,000,000
1sextillion	10^{21}	1,000,000,000,000,000,000,000
1septillion	10^{24}	1,000,000,000,000,000,000,000,000
1octillion	10^{27}	1,000,000,000,000,000,000,000,000,000
1nonillion	10^{30}	1,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000
1décillion	10^{33}	1,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000
1undécillion	10^{36}	1,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000

 Il existe 4 milliards d'adresses IPv4

 Il existe 340 undécillions d'adresses IPv6

IoT - connectivité

Les infrastructures actuelles vont devoir s'adapter à ce flux de données



IoT – big data

Les objets IoT vont fournir en temps réel une source continue de datas, ce qui offre un potentiel incroyable, et à la vitesse de la communication humaine

Avec cette quantité d'informations, les entreprises doivent apprendre à gérer le "Big Data« . Il existe trois principales dimensions BigData à prendre en compte:

1. Volume : la quantité de données transportées et stockées
2. Variété : le type de données
3. Vélocité : la vitesse à laquelle ces données sont en mouvement

IoT – big data

Tout cela affecte directement la vitesse des données :

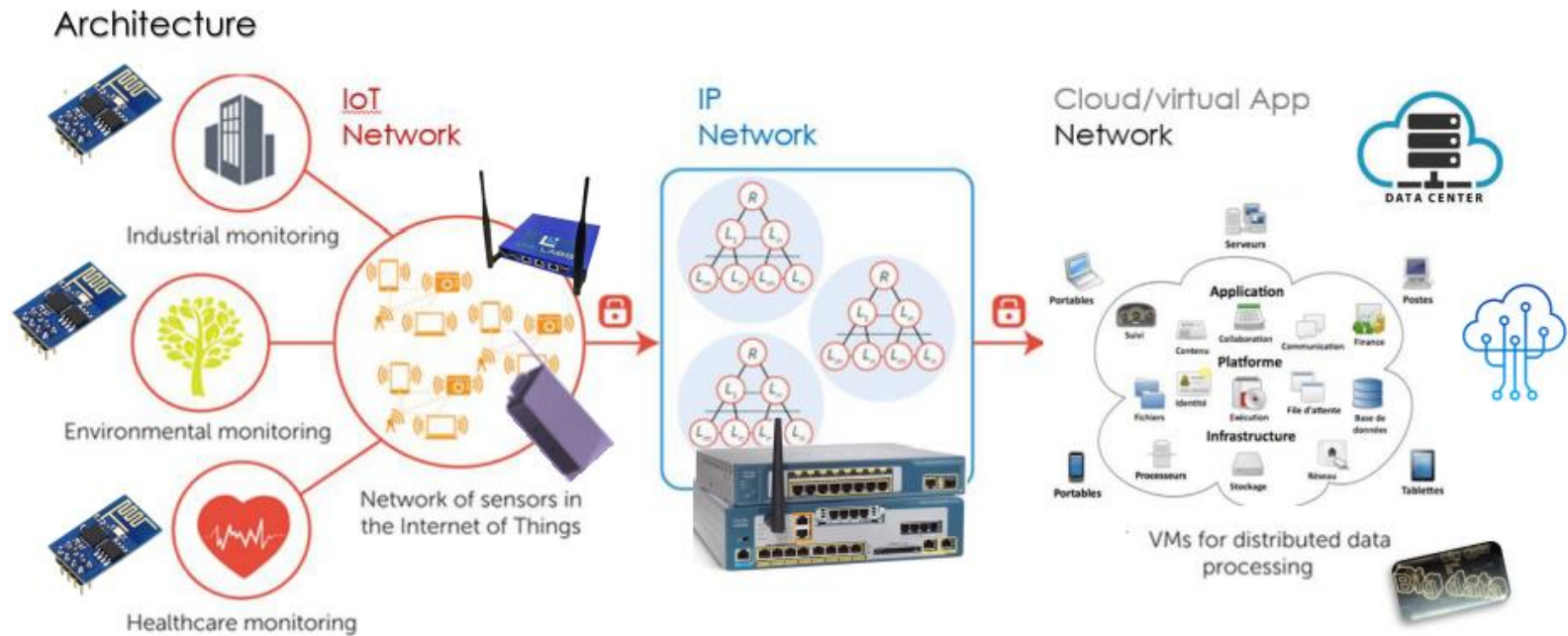
- La rapidité de l'infrastructure
 - ❑ Entrée/sortie, bande passante et latence
- La possibilité d'activer rapidement des ressources optimales
 - ❑ Réseau, CPU, mémoire et stockage

IoT – le cloud

Le Cloud réduit les coûts opérationnels en partageant les ressources de manière efficace et permet d'accéder aux données de n'importe où.

1. Les organisations éliminent le besoin d'équipements spécifiques, la maintenance et la gestion sur site. Réduction des coûts d'achats, d'énergie
2. Les personnes ou PME peuvent aussi louer ces services Cloud

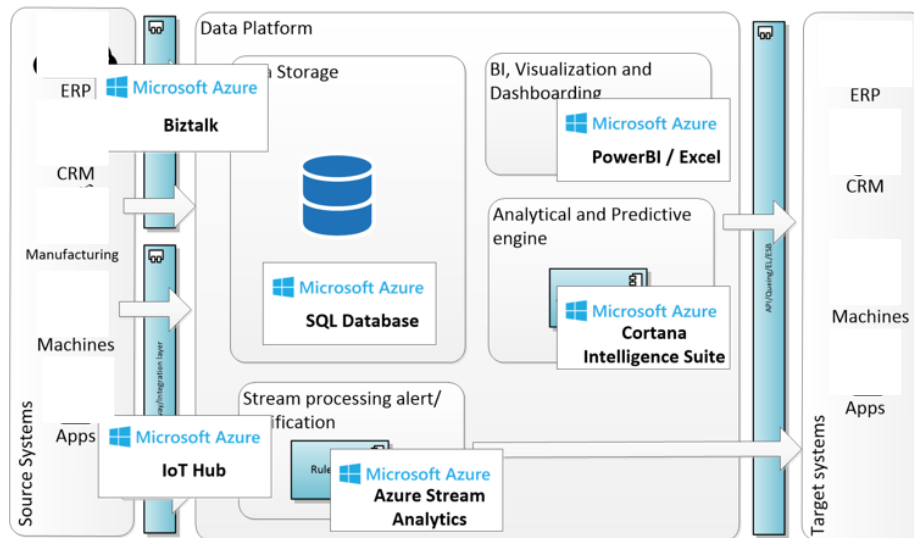
IoT - architecture



IoT - architecture

Deux grands concurrents dans l'offre des outils dans le cloud :

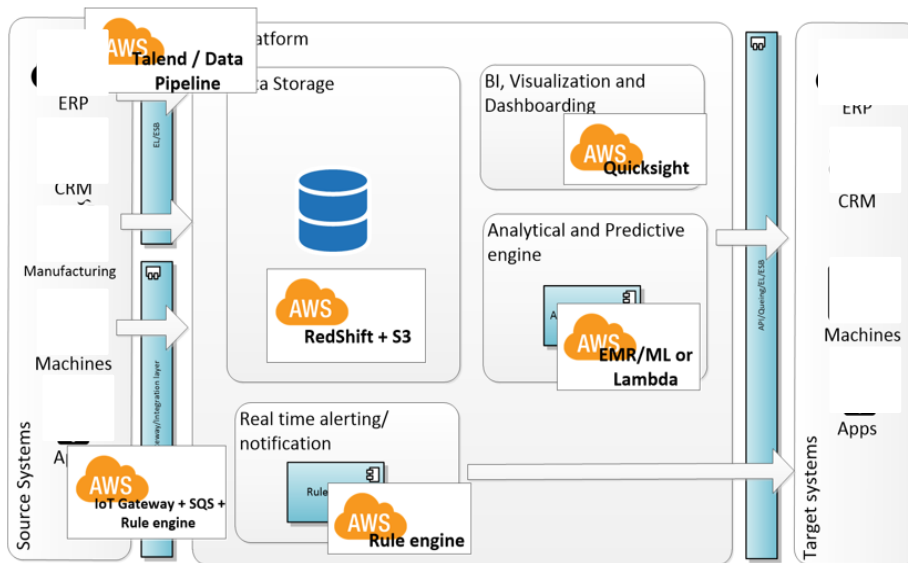
Microsoft Azure



IoT - architecture

Deux grands concurrents dans l'offre des outils dans le cloud :

Amazon Web Services

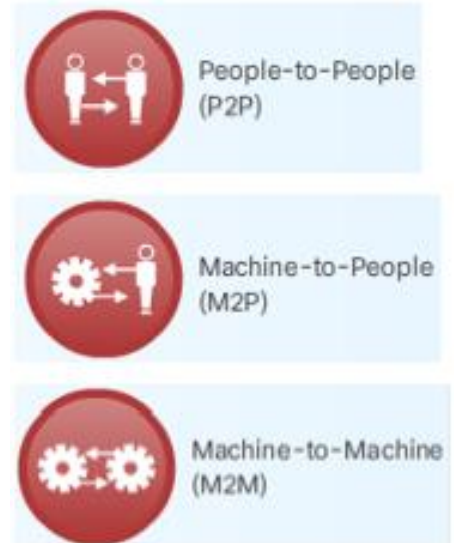


Modèle M2M

Les interactions entre les éléments créent une multitude d'informations

Les piliers IoT interagissent via trois types de connexions principales:

1. Des personnes communiquent avec des personnes (P2P)
2. Des machines communiquent avec des personnes (M2P)
3. Des machines communiquent avec des machines (M2M)



Le monde devient « smart »

Smarter Vehicles



- realtime telemetry
- predictive maintenance
- look-ahead alerting
- pay-as-you-drive

Smarter Homes



- energy tracking
- automation
- remote monitoring
- smart appliances

Smarter Logistics






- end-to-end tracking
- theft prevention
- real-time updates
- fleet monitoring



Smarter Healthcare





- smart scales
- in-home monitoring
- assisted living
- physician messaging



Tout est interconnecté




My  tells my  to open the garage and start my 

My  tells a  to dispatch a  to my location

My  tells my  that an intruder has entered

A  tells my  to tell my  that a package has arrived

My  tells my  that I am following my treatment plan

My  tells my  that they are too far from the 

Modèle M2M

Les connexions M2M sont souvent appelées l'Internet des Objets

Un exemple de M2M est une automobile qui signale l'arrivée à la maison, ce qui incite le réseau domestique à ajuster la température ainsi que l'éclairage

Modèle M2M

En 2012, une société a réparti 95.000 dispositifs dans le bâtiment, le résultat a été une réduction de 21% des coûts énergétiques



Flog computing

Le Cloud Computing a résolu de nombreux problèmes du modèle client-serveur traditionnel

1. Il n'est pas la meilleure option pour les applications sensibles aux délais qui nécessitent une réponse immédiate
2. Les appareils IoT exigeront des données temps réel et de la qualité dans les mécanismes de service

Flog computing

Ces dispositifs peuvent produire d'énormes quantités de données

- ❑ Par exemple, en 30 minutes un moteur à réaction peut produire 10 téraoctets de données sur son rendement et sa situation. Il serait inefficace de transférer ces données vers le Cloud pour analyse et de retourner la décision vers le moteur
- ❑ Une architecture spécifique est utilisée, elle permet aux objets une indépendance par rapport à l'infrastructure réseaux classique
 - ❑ Dans cette architecture, une partie du travail d'analyse a lieu en local, sur le contrôleur par exemple
 - ❑ Les contrôleurs communiquent ensemble, tout se passe dans le FOG, rien n'est transmis à l'extérieur
 - ❑ Les données peuvent être envoyées ultérieurement dans le Cloud afin de stockage et d'analyse post effective

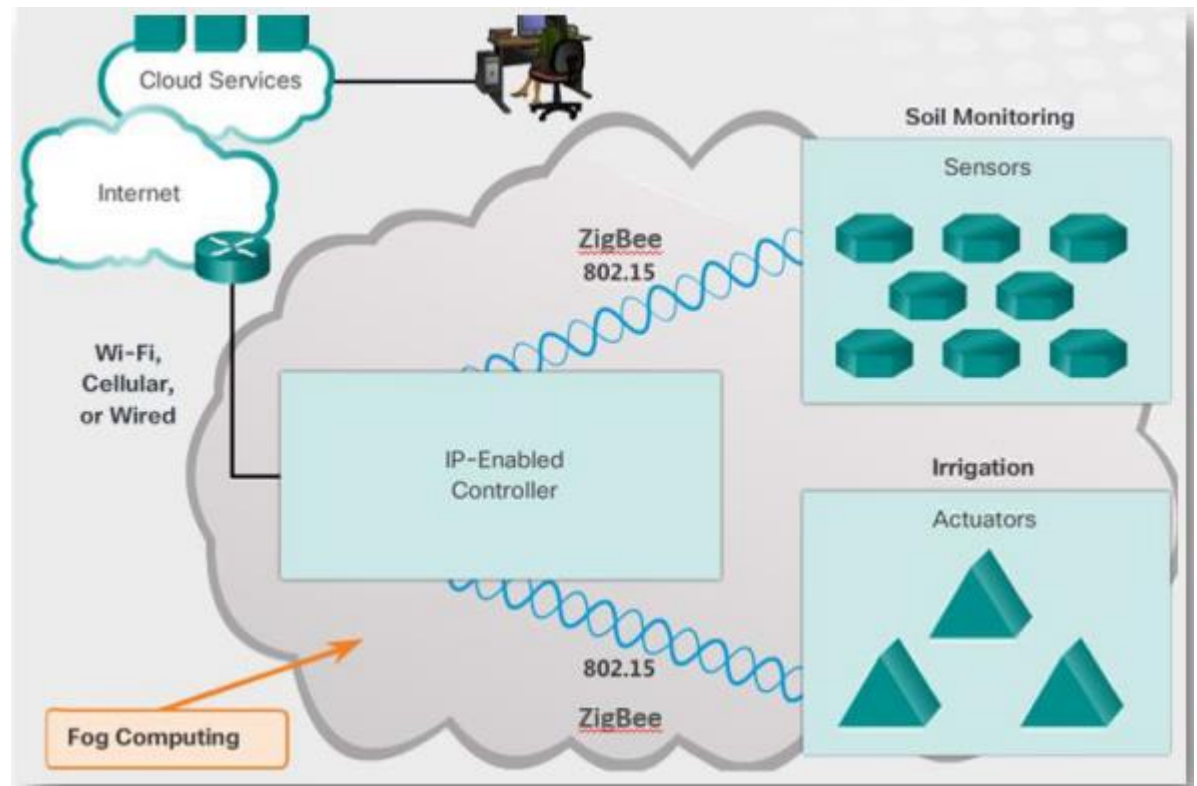
Flog computing

Avantages :

1. Crée une infrastructure de calcul distribuée dans la périphérie réseau qui effectue des tâches nécessitant une réponse rapide
2. Réduit le transport des données et permet aux dispositifs de fonctionner lorsque les connexions sont perdues
3. Améliore également la sécurité car il ne transporte pas les données sensibles à l'extérieur du réseau périphérique

Fog computing

Défi de l'ingénieur
de demain!



Pro's and con's

Les objets connectés offrent sans conteste de nombreux avantages ; notamment dans certains domaines comme la santé, en se servant des objets pour transmettre des éléments de diagnostic en temps réel.

Le principal doute demeure dans la sécurisation des données personnelles confidentielles qui circulent et la sécurisation des systèmes eux-mêmes

La maîtrise des objets par l'humain est aussi un facteur de peur

IoT – les réseaux

Il existe deux familles de réseaux radio qui peuvent être utilisées avec IoT :

1. Les réseaux courte portée qui émettent de quelques centimètres à quelques centaines de mètres : **WiFi, Bluetooth, RFID, NFC, ZigBee...**
2. Les réseaux moyenne/longue portée: de quelques centaines de mètres à plusieurs kilomètres : **GSM (3G/4G), LTE, GPRS...**

Ces réseaux sont différents mais certaines caractéristiques sont communes :

- Portée
- Bande passante
- Grande consommation électrique
- Difficulté d'implémentation pour IoT
- Types d'ondes et fréquences utilisées

IoT – les réseaux

Pour déployer des milliers de capteurs IoT dans une cité, il faut :

1. Posséder une technologie à basse consommation énergétique
2. Communiquer à de faibles débits & durant des laps de temps très courts
3. Etre autonome en alimentation électrique
4. Pouvoir accéder à un serveur 'Internet'

Les réseaux actuels ne sont pas toujours adaptés, les LPWAN (Low Power Wide Area Networks) sont la solution.

IoT – les réseaux

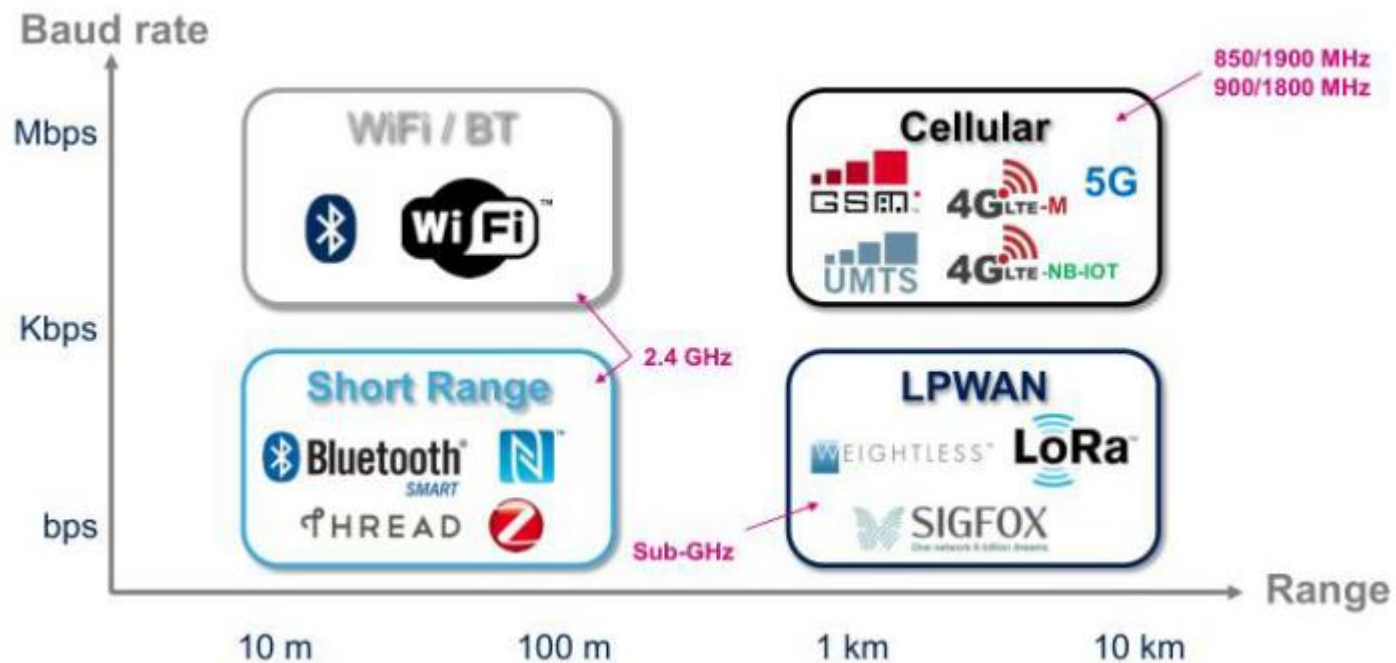
Les réseaux LPWAN offrent une longue portée, faible consommation & débit

- ❑ Idéaux pour les applications IoT aux ressources limitées, ils permettent une autonomie de plusieurs mois/années sur batterie

Les LPWAN utilisent les fréquences ISM (Industriel Scientifique & Médical) à usage libre (sans licence) qui sont disponibles mondialement

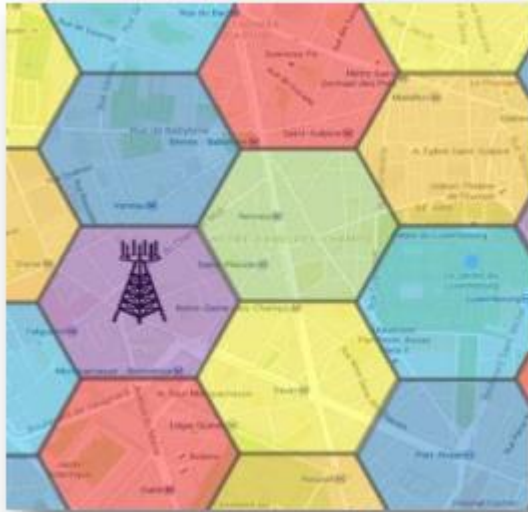
- ❑ Contrairement aux opérateurs qui utilisent des fréquences sous licence très chères

IoT – Les réseaux

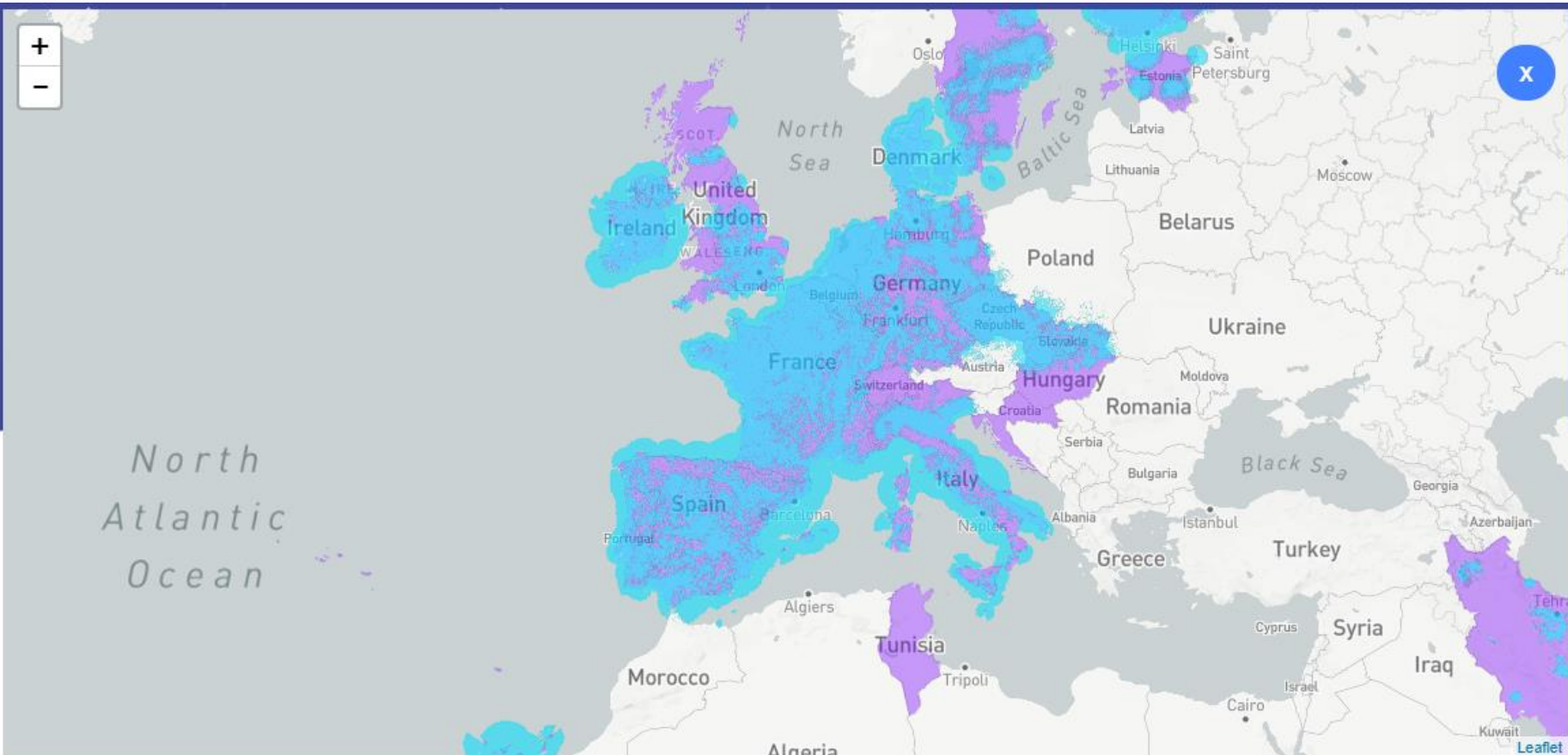


IoT – Les réseaux

Compte tenu de la propagation des ondes utilisées, de la faible occupation spectrale et des vitesses, il faut moins d'antennes (10x-) pour couvrir la même surface qu'un réseau cellulaire GSM

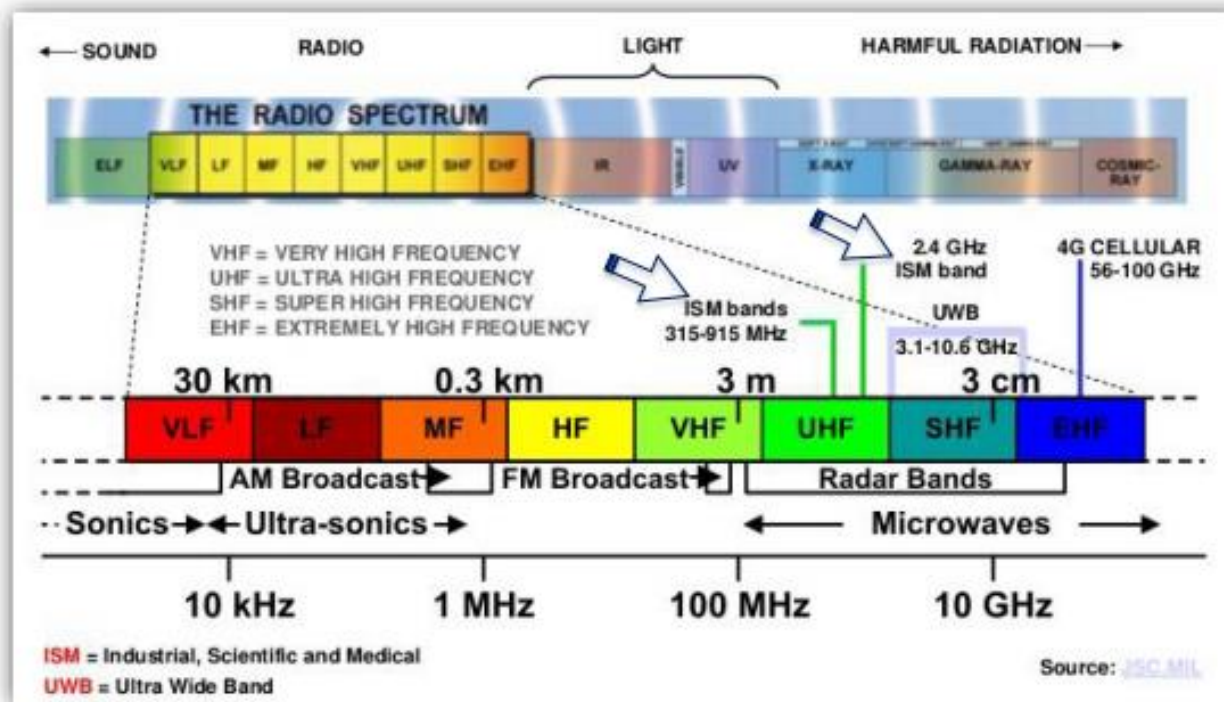


Aller sur sigfox



IoT - réseaux

Les bandes ISM sont aussi utilisées par d'autres technologies : RFID, WiFi, Bluetooth, ZigBee, TalkyWalky



IoT - réseaux

La communication entre les terminaux et les passerelles est répartie sur différents canaux de fréquence et débits de données

- La sélection du débit de données est un compromis entre la plage de communication et la durée du message
- Grâce à la technologie « spread spectrum », les communications à différents débits n'interfèrent pas les unes avec les autres et créent un ensemble de canaux "virtuels" avec la passerelle

IoT – LPWAN existants

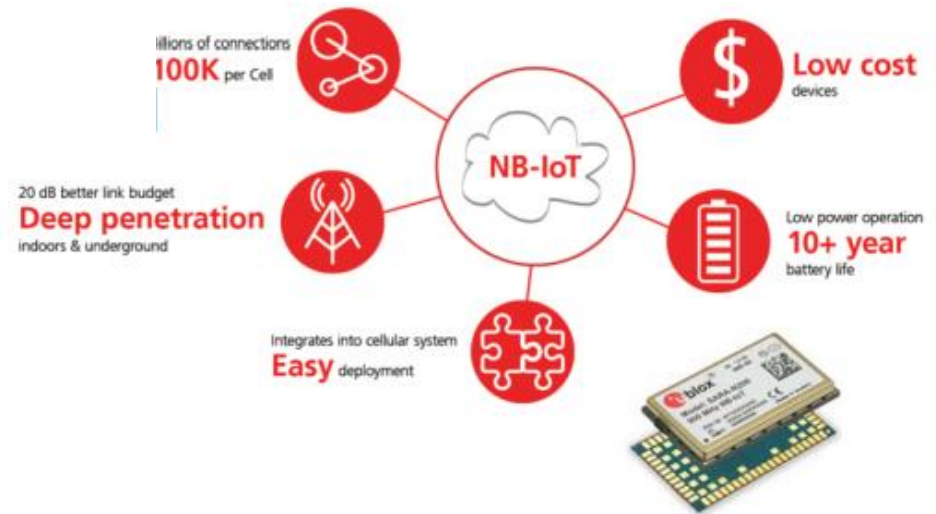
Liste des technologies LPWAN actuelles les plus utilisées:

1. **LoRa** modulation par Semtech
 1. LoRaWAN, LoRa Alliance spécification
 2. Symphony, LoRa utilisé par la compagnie Link Labs
2. UNB (Ultra Narrow Band) modulation pour LPWAN
 1. **Sigfox**, compagnie Française qui utilise UNB
3. LTE-MTC (LTE Advanced for Machine Type Communications), évolution de LTE (GSM)
4. NarrowBand IoT, (NB-IOT), utilisé via les réseaux cellulaires par Huawei (LTE-M2)

IoT – LPWAM existants

Le réseau LPWAN: NB-IOT

- Standardisation en juin 2016 par le 3GPP (consortium de normalisation des technologies de réseaux mobiles)
- Utilisation de l'infrastructure cellulaire existante
- Mise en avant par le géant Huawei
- Débit de 250 Kbit/s
- Bande passante de 180 KHz
- Chip de 16mn X 26mn



IoT – LPWAM existants

Le réseau LPWAN: LTE-M

- Technologie encore en cours de ratification
- Future 5G en 2020 inclura IoT via LTE-M
- Débit de 0,2Mbit/s à 150Mbit/s selon le profil
- Bandes sous licences

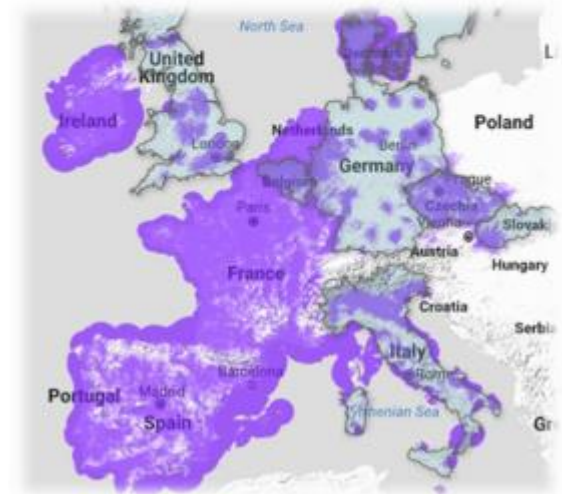


CAPABILITY	REL 8 CAT 4	REL 12 CAT 0	REL 13 'CAT 1.4 MHZ'	REL 13 'CAT 200KHZ'
Downlink peak rate (Mbps)	150	1	1	0.2
Uplink Peak Rate (Mbps)	50	1	1	0.144
Number of antennas	2	1	1	1
Duplex mode	Full	Half	Half	Half
UE receive bandwidth (MHz)	20	20	1.4	0.2
UE transmit power (dBm)	23	23	20	23
Relative Modem Complexity	100%	40%	20%	<15%

IoT – LPWAM existants

Le réseau LPWAN: SigFox

- Depuis 2009 en France et maintenant en Europe
- Utilise son propre réseau sur bande ISM 898 EU (915 USA)
- Msg de 12 octets maximum, réception possible
- Débit de 100bit/s et portée de 3 à 10km en zones urbaines
- Abonnements de quelques euros/an par objet connecté
- Fourni par Orange en Belgique



IoT – LPWAN existants

Le réseau LPWAN: LTE-M

- Norme mise en avant par un consortium de grandes marques (IBM, Cisco...)
- Portée 15-30km en rurale et 3-10km en urbain sur bande ISM
- Débit de 3.3 à 50Kbit/s avec bidirectionnalité possible
- Fourni par Proximus en Belgique

