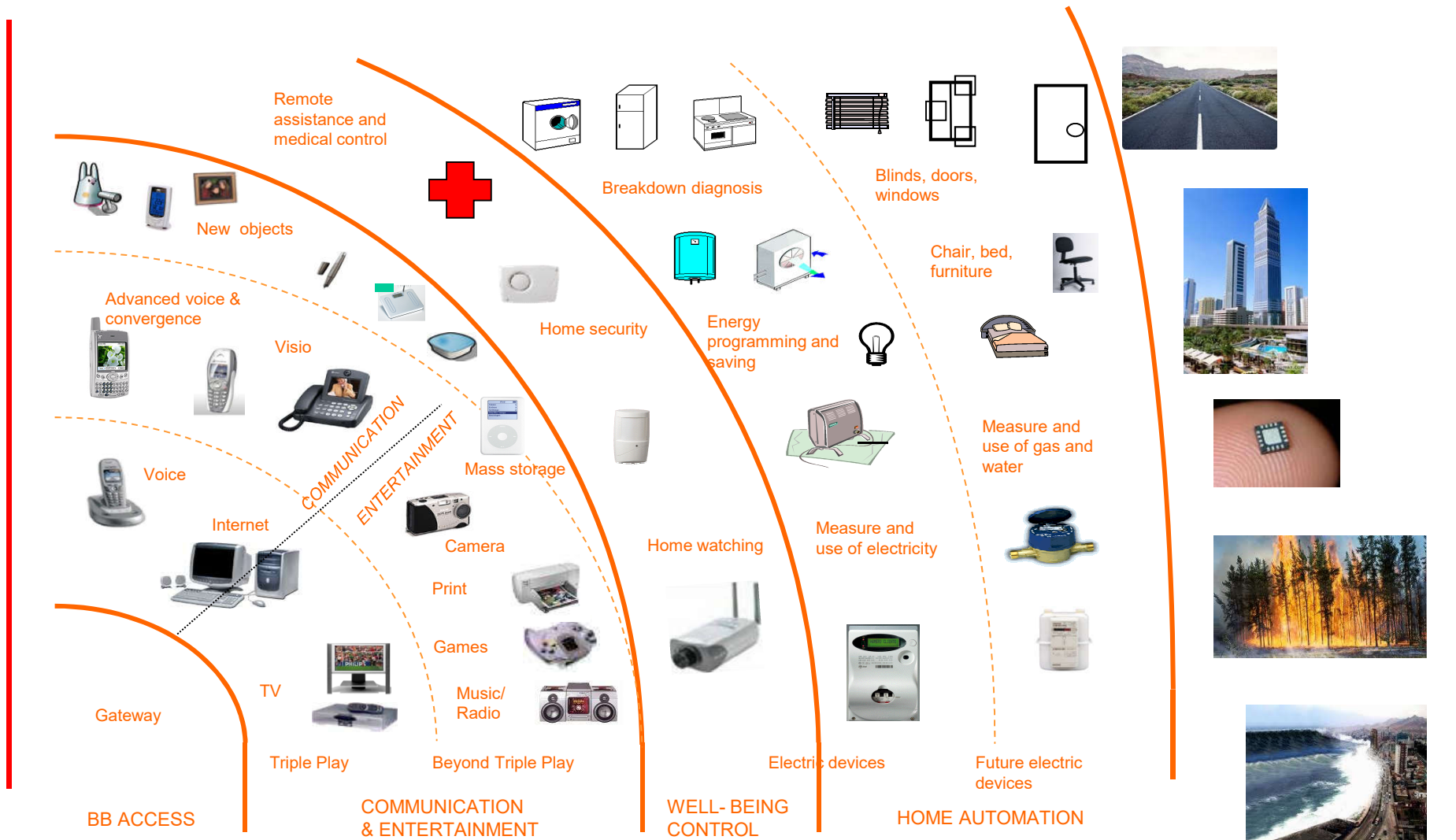


L'Internet des objets

Guy Pujolle

Les « choses » ou objets



Libelium Smart World

Air Pollution

Control of CO₂ emissions of factories, pollution emitted by cars and toxic gases generated in farms.

Forest Fire Detection

Monitoring of combustion gases and preemptive fire conditions to define alert zones.

Wine Quality Enhancing

Monitoring soil moisture and trunk diameter in vineyards to control the amount of sugar in grapes and grapevine health.

Offspring Care

Control of growing conditions of the offspring in animal farms to ensure its survival and health.

Sportsmen Care

Vital signs monitoring in high performance centers and fields.

Structural Health

Monitoring of vibrations and material conditions in buildings, bridges and historical monuments.

Quality of Shipment Conditions

Monitoring of vibrations, strokes, container openings or cold chain maintenance for insurance purposes.

Smartphones Detection

Detect iPhone and Android devices and in general any device which works with Wifi or Bluetooth interfaces.

Perimeter Access Control

Access control to restricted areas and detection of people in non-authorized areas.

Radiation Levels

Distributed measurement of radiation levels in nuclear power stations surroundings to generate leakage alerts.

Electromagnetic Levels

Measurement of the energy radiated by cell stations and WiFi routers.

Traffic Congestion

Monitoring of vehicles and pedestrian affluence to optimize driving and walking routes.

Smart Roads

Warning messages and diversions according to climate conditions and unexpected events like accidents or traffic jams.

Smart Lighting

Intelligent and weather adaptive lighting in street lights.

Intelligent Shopping

Getting advices in the point of sale according to customer habits, preferences, presence of allergic components for them or expiring dates.

Noise Urban Maps

Sound monitoring in bar areas and centric zones in real time.

Water Leakages

Detection of liquid presence outside tanks and pressure variations along pipes.

Vehicle Auto-diagnosis

Information collection from CanBus to send real time alarms to emergencies or provide advice to drivers.

Item Location

Search of individual items in big surfaces like warehouses or harbours.

Waste Management

Detection of rubbish levels in containers to optimize the trash collection routes.

Smart Parking

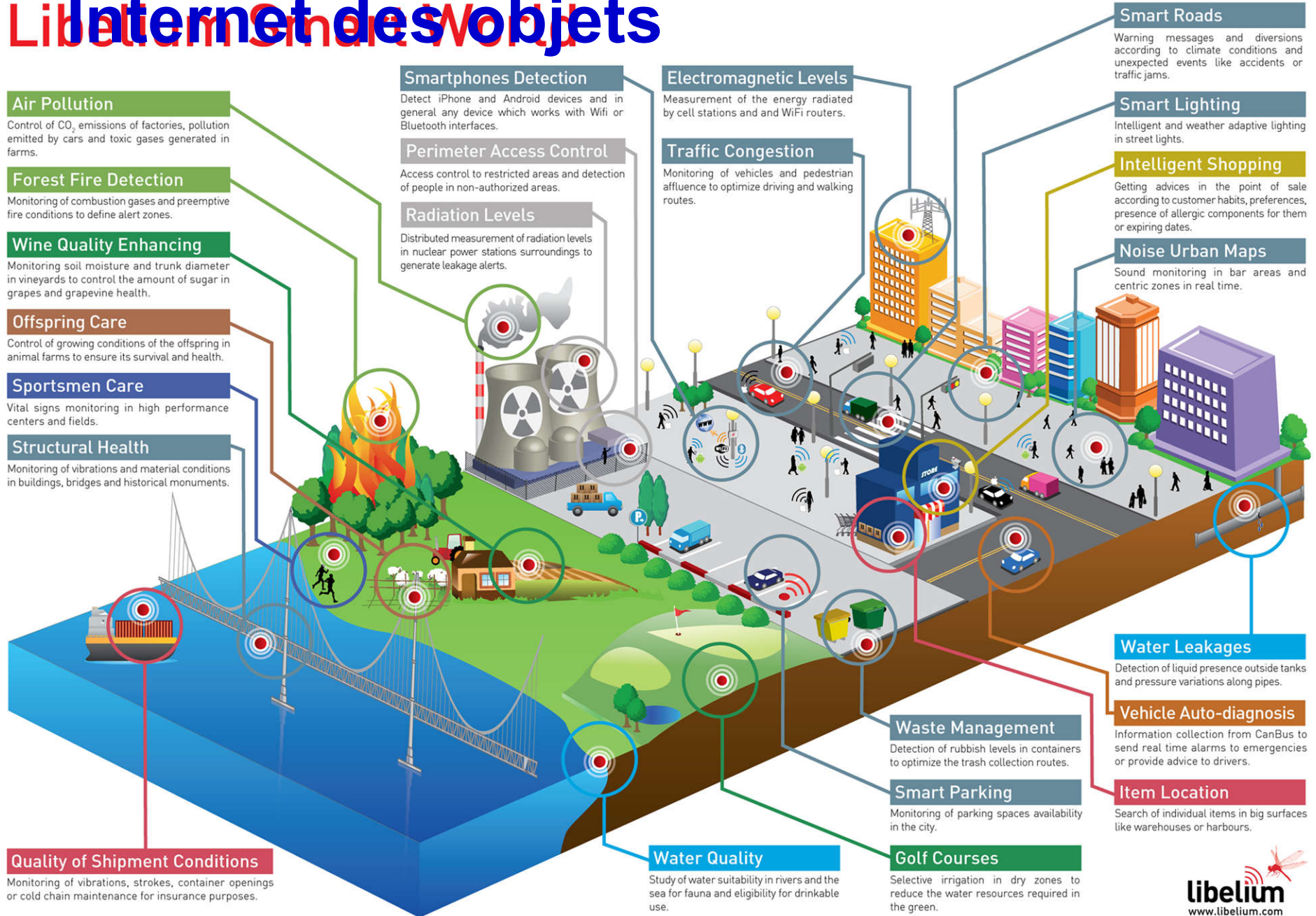
Monitoring of parking spaces availability in the city.

Golf Courses

Selective irrigation in dry zones to reduce the water resources required in the green.

Water Quality

Study of water suitability in rivers and the sea for fauna and eligibility for drinkable use.



Internet des objets : un aperçu du futur

15B

CONNECTED
DEVICES IN 2015



40B

CONNECTED
DEVICES BY 2020

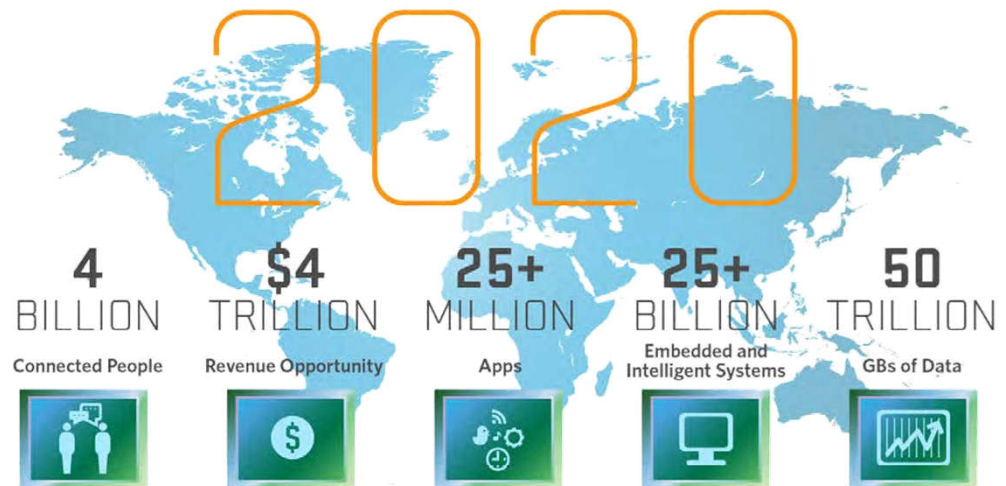


 = 1B DEVICES

2020 estimation
50 milliard d'objets
connectés

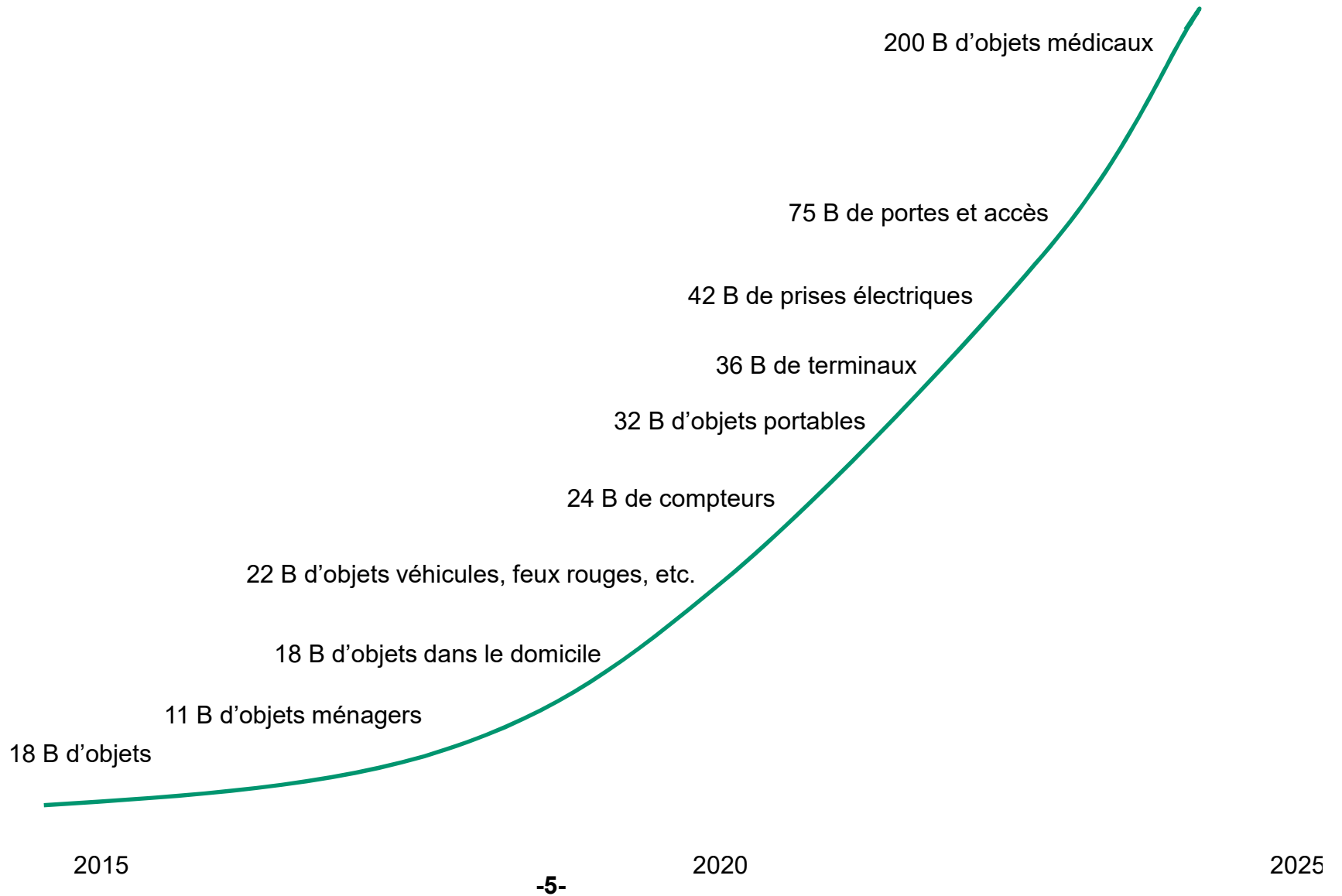
40 fois plus d'objets que
d'humains connectés en
2020.

Toute chose qui peut
bénéficier d'une
connexion **sera**
connectée !



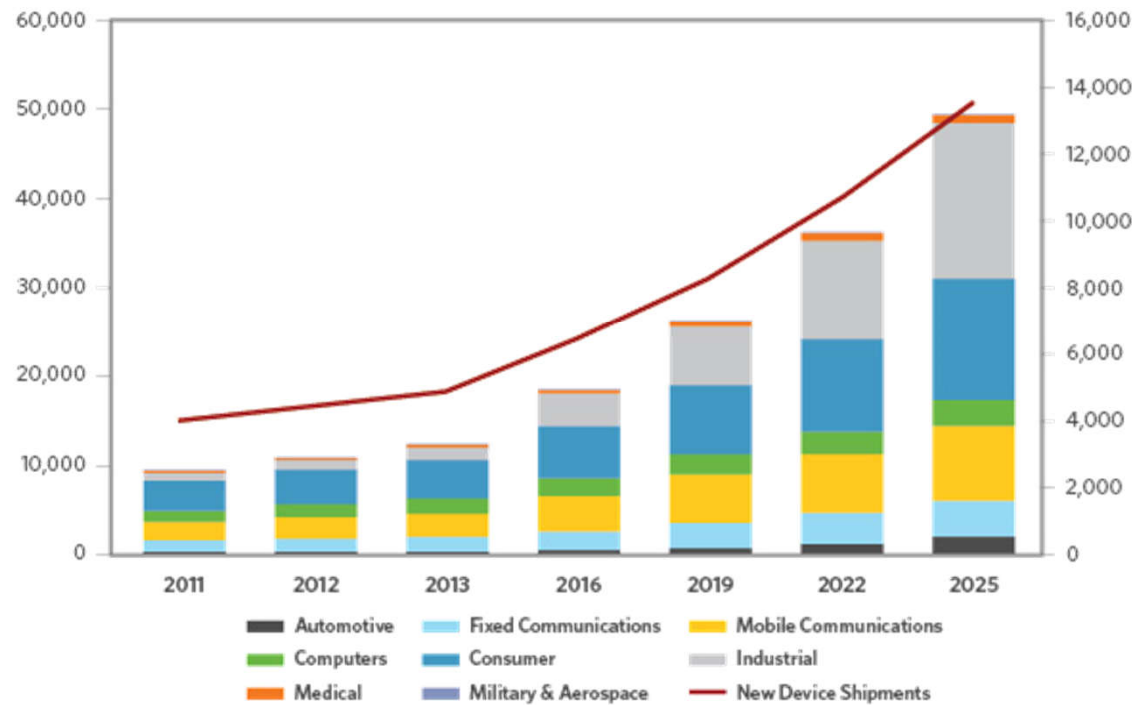
Source: Mario Morales, IDC

Internet des objets



Internet des objets : le marché

INTERNET OF THINGS, WORLD, 2011-2025



Source: IHS 2013

Internet of Everything

INTERNET OF EVERYTHING EVOLUTION

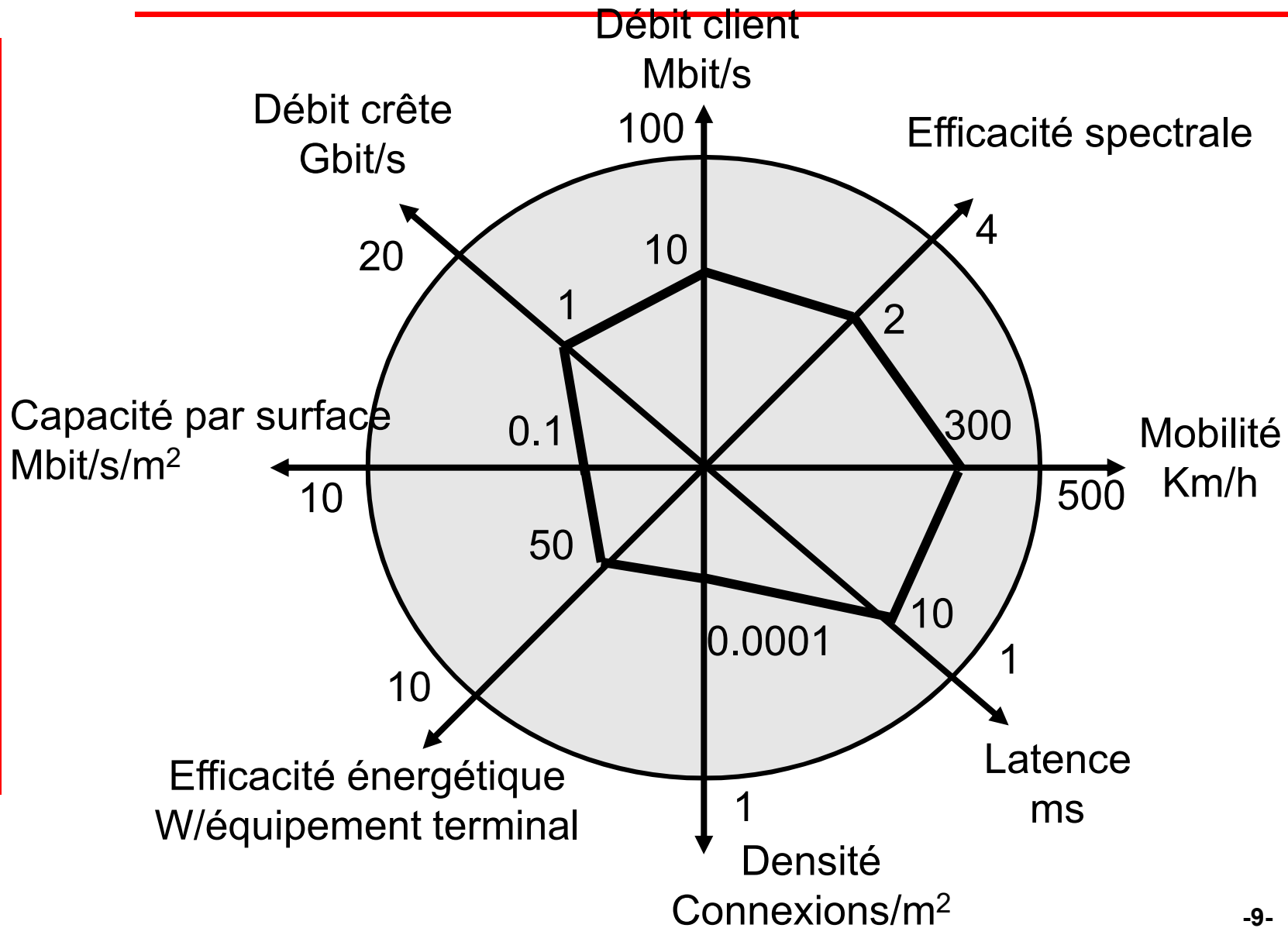
Internet of Everything (IoE): Represents the open access to data from one or more monitoring and control systems by third-party applications to provide unique, additional value to stakeholders.



Caractéristique de l'Internet des objets

	Énergie	Portée	Coût	Débit	Localisation	Type de protocole	Sécurité
Santé	Années	Boby Area Network	Moyen mais flexible	Faible	Bonne localisation	Simple	Critique
Domicile Bâtiment	Mois	Dizaines de mètres	Relativement faible	Faible	Pas très important	IP possible	Bonne sécurité
Surveillance	Mois	Dizaines de mètres	Moyen	Fort (vidéo)	Non en général	IP	Bonne sécurité
Contrôle industriel	Jours	Taille d'un bâtiment	Relativement élevé	Moyen	Non en général	IP	Bonne sécurité
Tracking (Marketing...)	Jours	Dizaines de mètres	Moyen	Faible	Précise	Possible IP	Faible
Gestion de l'énergie	Mois	Local et longue distance	Moyen	Faible	Faible	Simple	Faible
Monitoring à distance	Mois	Longue	Peut être important	Faible	Éventuellement	IP	Très forte sécurité

Performances



Quelques objets

Les bracelets connectés



Les véhicules connectés



Les drones



Quelques objets



TOP 10 DES OBJETS CONNECTÉS LES PLUS CONNUS DES INTERNAUTES FRANÇAIS



Les facteurs pour et contre

□ **Pour**

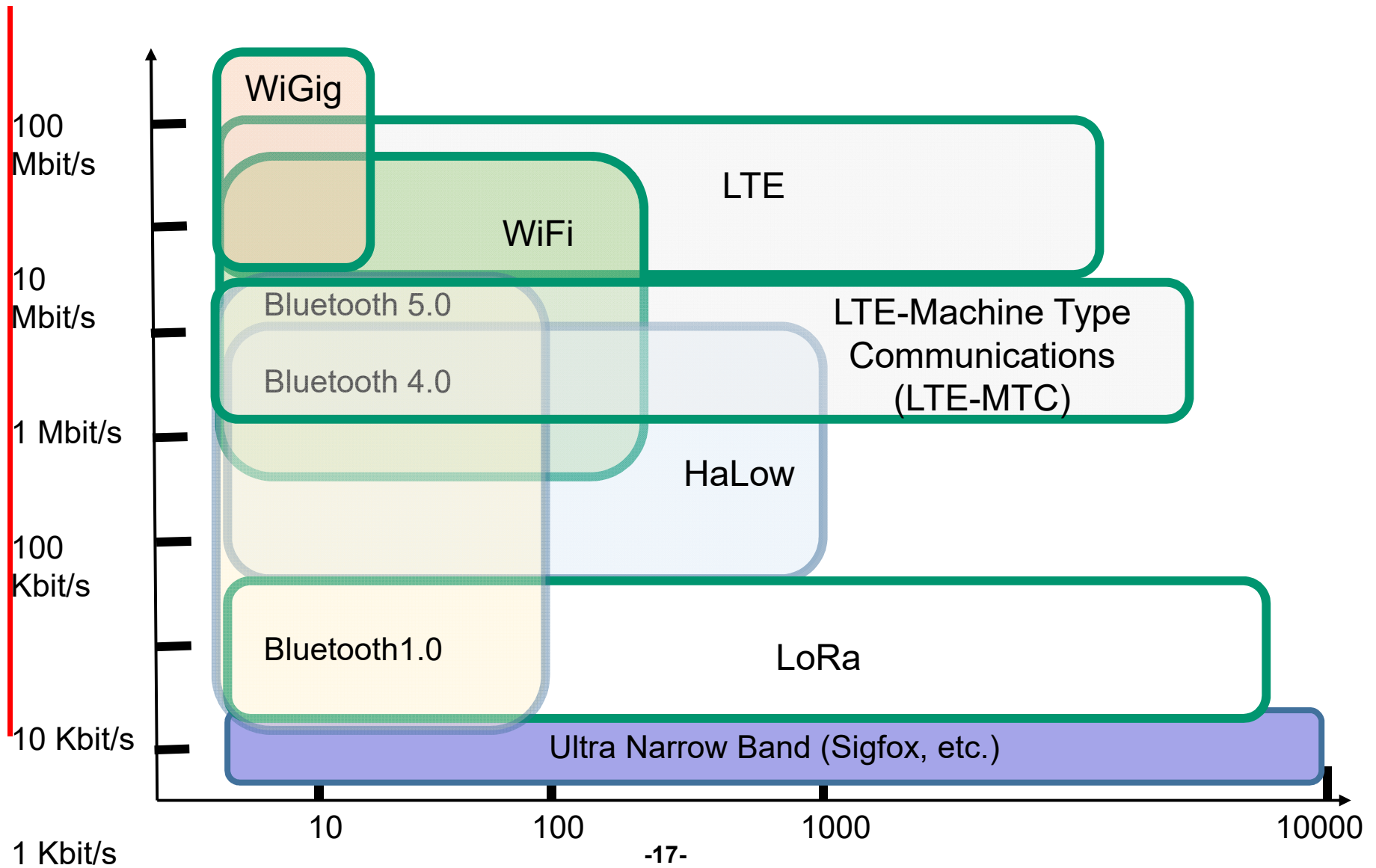
- **Création de nouveaux services**
- **Optimisation des processus**
- **Coût qui devient abordable**
- **La technologie est presque mûre**
- **Applicable partout**
 - Grand public
 - Industriel

□ **Contre**

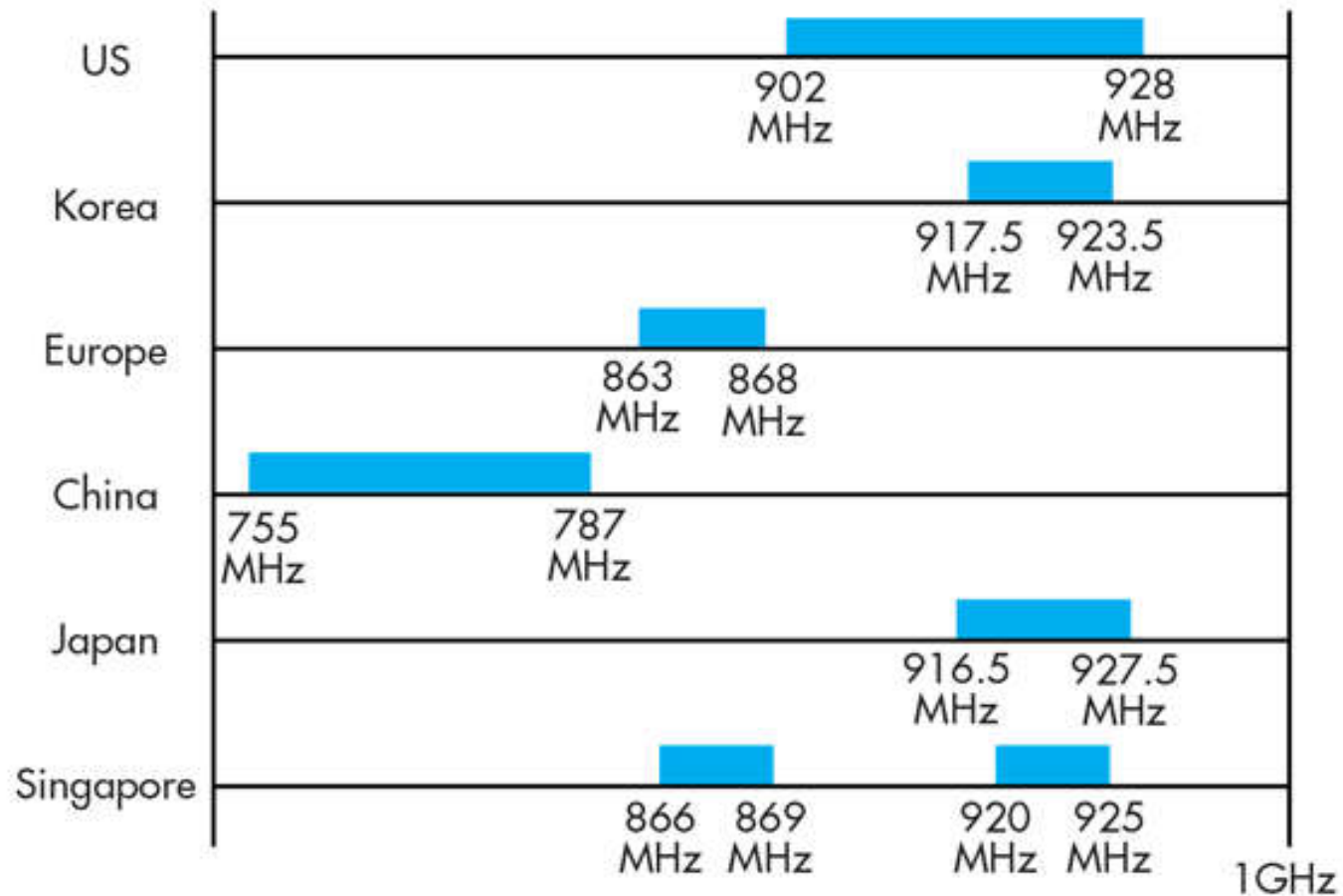
- **La rentabilité n'est pas encore tout à fait là**
- **Fiabilité**
- **Pas de standard**
- **Pas tout à fait mature**
- **Business plan pas encore bien défini**
- **Prix encore relativement élevé**

Les réseaux

Les réseaux pour l'Internet des objets



Bande libre sous le 1 GHz



Réseaux pour l'Internet des choses

- Réseaux LAN
 - WiFi IEEE 802.11ah
 - Bluetooth
 - ZigBee
- Réseaux longue portée
 - LoRa (*Long Range network*)
 - *SigFox*
- Réseaux cellulaires et multi-sauts
 - LTE-MTC (vers la 5G)
 - D2D

Comparaison des solutions

PHY Technology	Power	Range	Cost	Data Rate	Location	Protocol	Multi-Vendor
Zigbee	Low	Home - -	Medium, but could be low	low	No	SEP	Modest
Zwave	Low	Home	Medium	low	No	Proprietary	No
2.4 GHz WiFi	Medium	Home	Medium descending to low	High	Yes, indoor	IP	Large
900MHz WiFi (802.11ah)	Low	Home + +	Low	Medium	Yes, indoor	IP	Large
Home Plug Green PHY (HPGP)	Medium	Home + +	Medium	Medium	No	IP	Modest
Cellular	Medium	Long	Medium to High	Medium	Yes, outdoor	IP	Modest
BT LE	Low	Personal	Low	low	Under discussion	BT	Large

Internet des choses : la connexion

IoT Segment Trade-offs



LAN



Short Range
Communicating Devices



- ✓ **Well established standards**
- ✓ **Good for:**
 - Mobile devices
 - In-home
 - Short range
- ☐ **Not good:**
 - Battery life
 - Long range

LPWAN

Long Range w/ Battery
Internet of Objects



- ✓ **Emerging PHY solutions**
- ✓ **Good for:**
 - Long range
 - Long battery
 - Low cost
 - Positioning
- ☐ **Not good:**
 - High data-rate

Cellular



Long Range w/Power
Traditional M2M

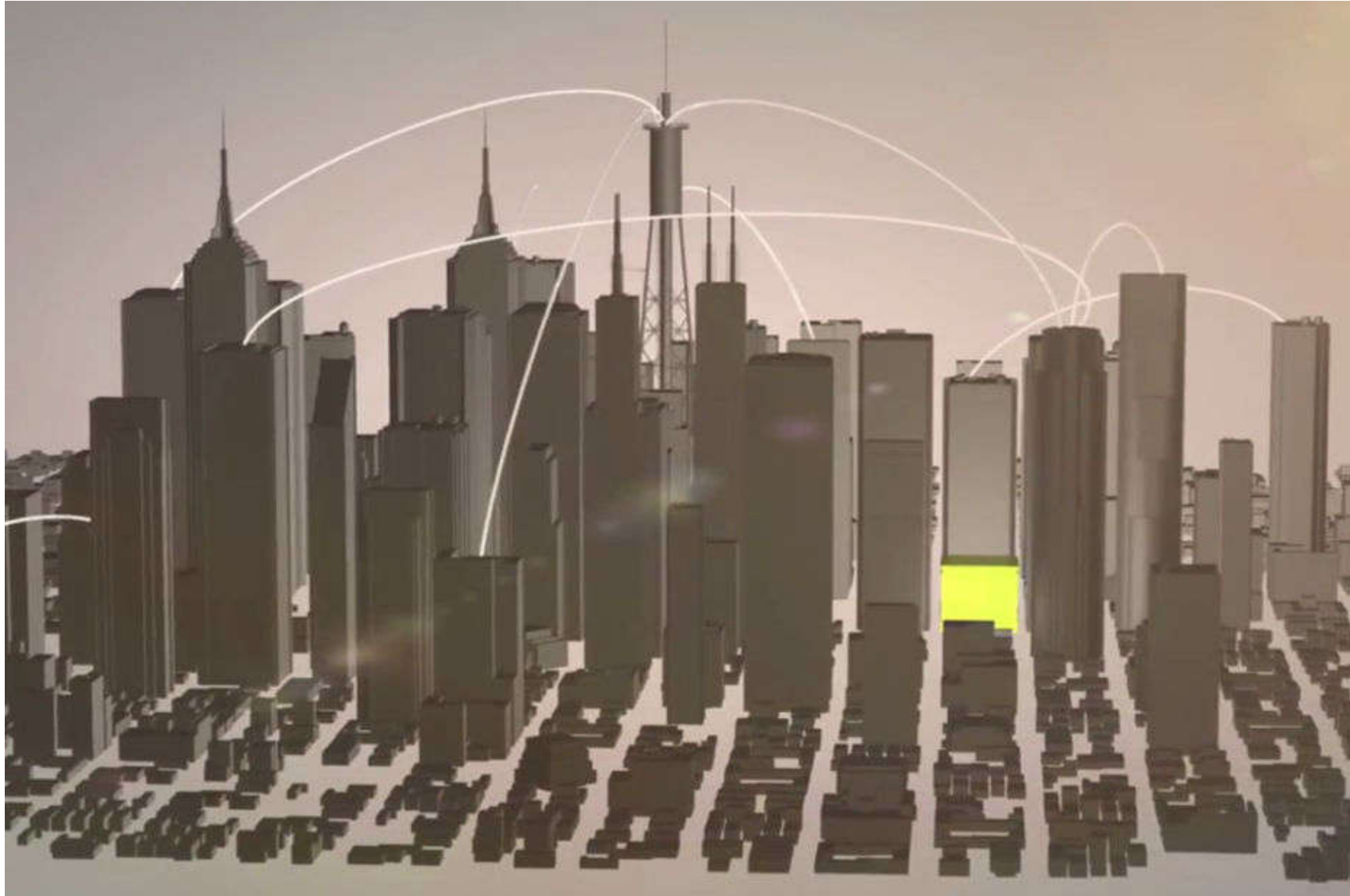


- ✓ **Well established standards**
- ✓ **Good for:**
 - Long range
 - High data-rate
 - Coverage
- ☐ **Not good:**
 - Battery life
 - Cost

Comparaison des principales solutions

	Energie	Portée	Coût	Débit	Localisation	Protocole	Multi-vendeur
Zigbee	Très basse	Maison	Très bas	Faible	Non	Spécifique ou IP	Oui
Bluetooth	Basse	100 à 200m	Bas	Faible à Moyen	Non	Spécifique	Oui
Wi-Fi	Basse	Home+	Bas	Moyen à fort	Oui	IP	Oui
WiGig	Moyenne	10m	Moyen	Très fort	Non	IP	Oui
HaLow IEEE 802.11ah	Basse	1km	Bas	Faible à moyen	Oui	IP	Oui
IEEE 802.11af	Moyenne-haute	100m	Moyen	Moyen Fort	Oui	IP	Oui
Sigfox	Basse	10km+	Bas	Très faible	Non	Spécifique	Non
LTE-MTC	Moyenne	10km	Moyen	Moyen	Oui	IP	Oui
LoRa	Moyenne	10km	Bas-Moyen	Bas-Moyen	Oui	Spécifique	Oui

Les trois solutions

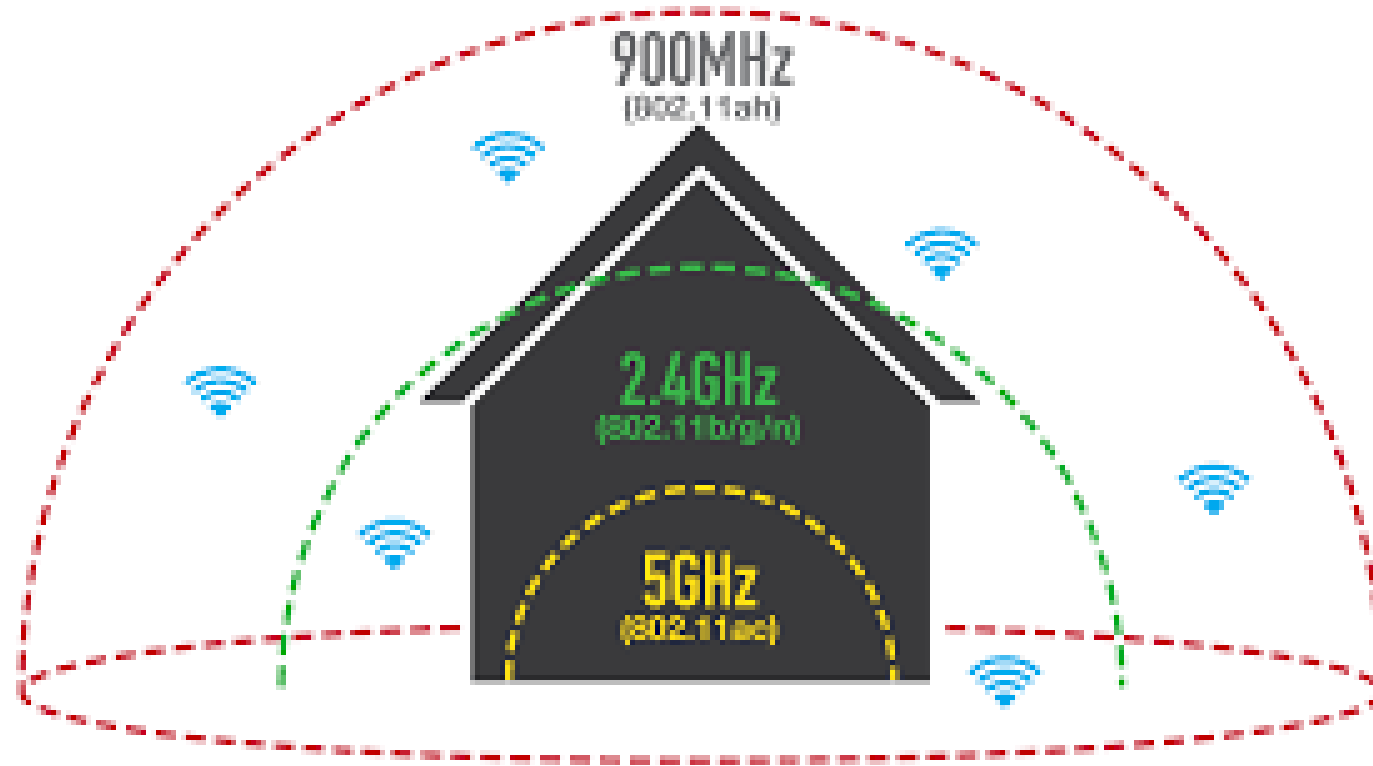


Wi-Fi

IEEE 802.11ah: Halow

- Wi-Fi longue portée
 - 1km
 - Faible débit: quelques centaines de kbit/s
- Utilisation visée : Internet des choses
 - Application Smart Grid
 - Téléphonie
 - Réseau de capteurs

WiFi IEEE802.11ah: HaLow. Fréquence: 900MHz



IEEE 802.11ah

Extended range

Garage, backyard, basement, outdoor systems: Gas, Water



Ultra-low Power & Cost

Years on battery, Coin Cells

Wi-Fi/Wi-Fi Direct 802.11ac,n,ah



Wi-Fi Infrastructure 802.11ac,n,ah



Scalable Throughput

Control, Audio, low rate Video

802.11n/ac (2.4/5GHz)/11ah



802.11n 2.4GHz/802.11ah



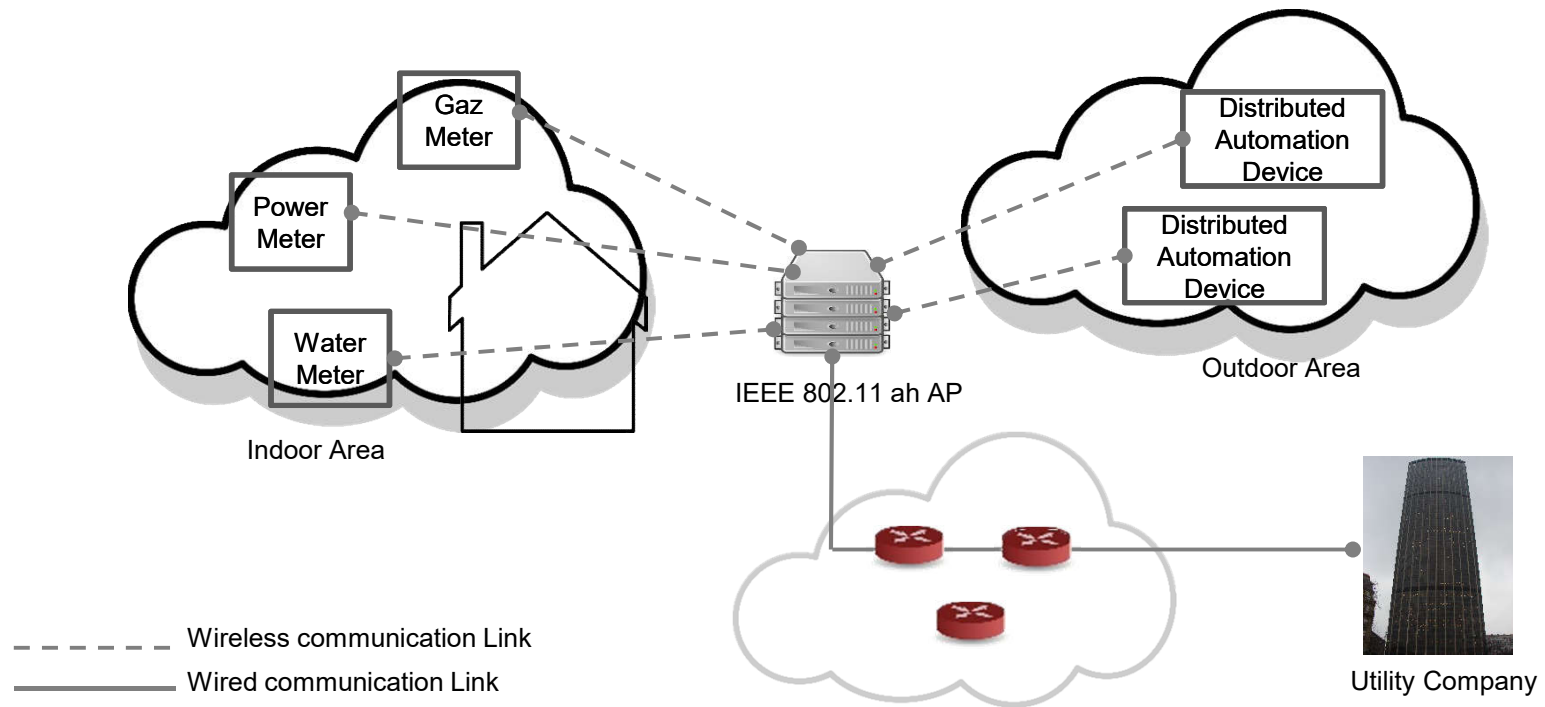
Interoperable

Wi-Fi 802.11 IP native support

WiFi IEEE 802.11ah

- ❑ Nom commercial: WiFi HaLow (prononcer Helo)
 - Pas de signification du sigle: Long Range - Low Power
 - Fin de la normalisation: 2016 et premier produit 2017-2018.
- ❑ Wi-Fi longue portée
 - Jusqu'à 1km
 - Faible débit: quelques centaines de kbit/s
 - Technique d'accès par zone
- ❑ Utilisation visée : Internet des choses
 - Application Smart Grid
 - Téléphonie
 - Réseau de capteurs

IEEE 802.11ah



ZigBee

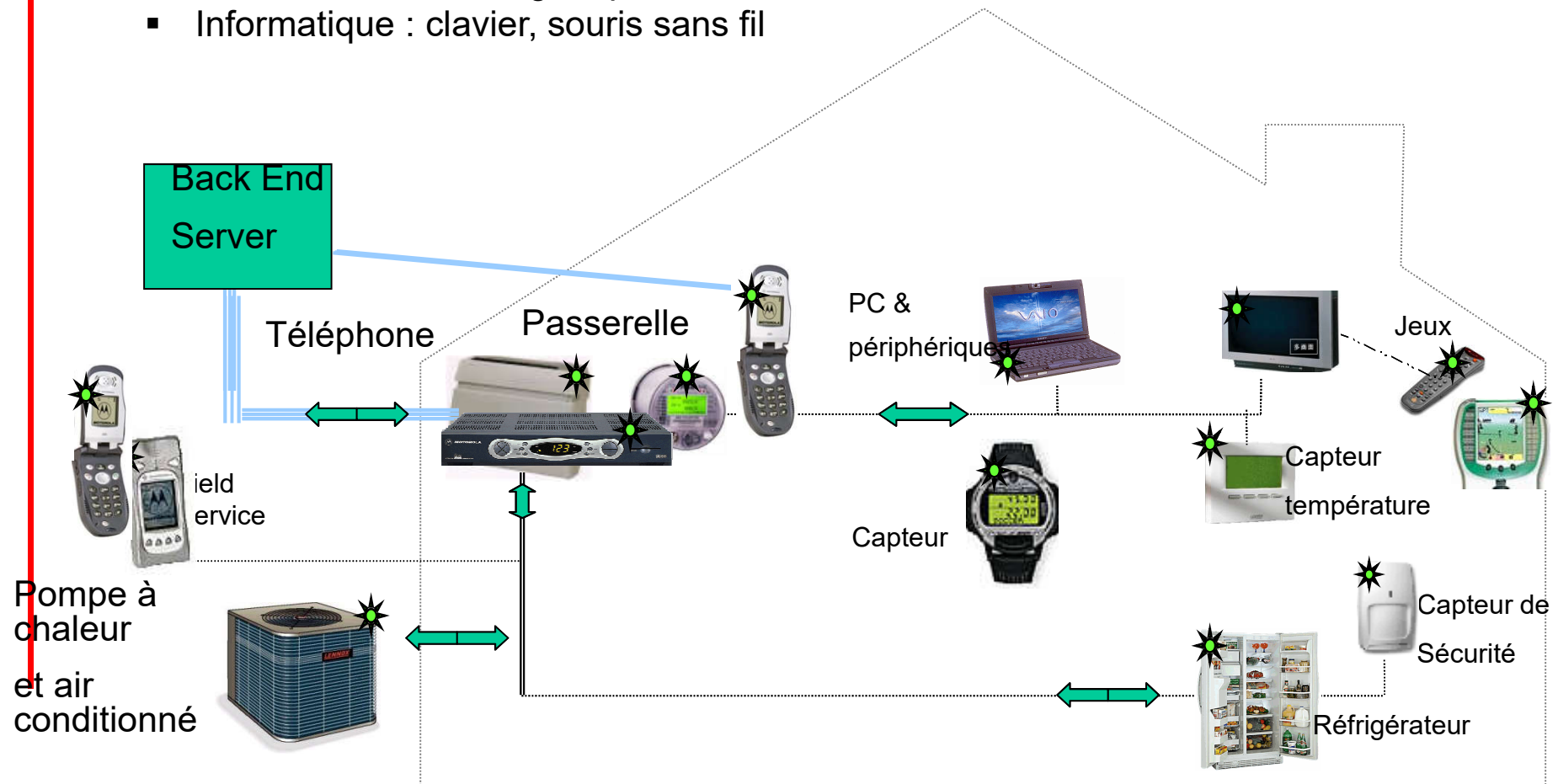


ZigBee

- ❑ Réseau pour transporter les commandes essentiellement et non les données
- ❑ Adapté pour la communication d'objet à objet qui nécessite un faible débit.
- ❑ Réseaux personnels sans fils en étoile
- ❑ Très faible consommation d'énergie
 - ❑ <10mW en transmission
 - ❑ <0.1mW en veille
- ❑ Très bas coût
- ❑ Grande densité de nœuds par réseau
- ❑ Promue par Zigbee alliance (Philips, Samsung, Motorola)

Applications

- Domotique : automatisation de chauffage, arrosage, éclairage, etc.
- Automobile : alléger le câblage, voiture électrique et smart grid
- Médecine : monitoring de patients
- Informatique : clavier, souris sans fil



Composant ZigBee



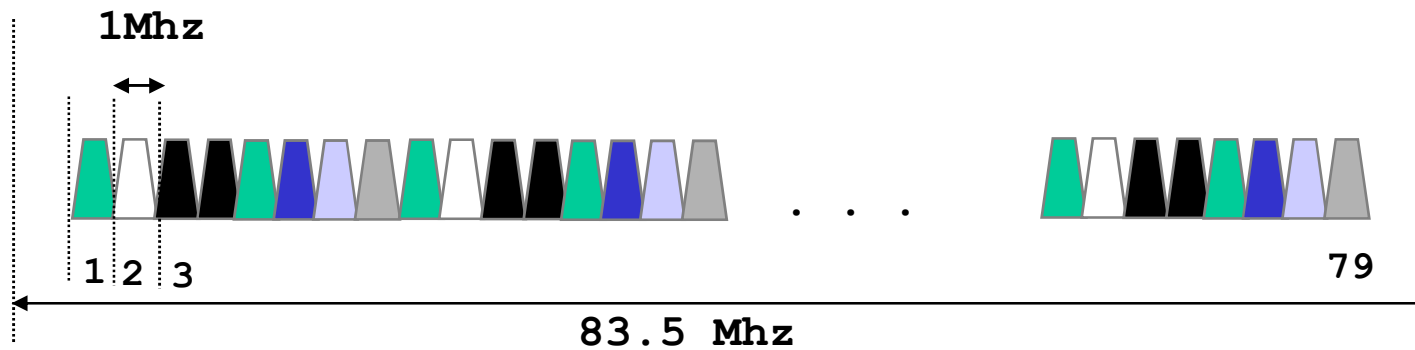
Fréquences et débit

- ❑ **IEEE 802.15.4** (bandes des 2.4 GHz)
 - ❑ 250 Kb/s jusqu'à 10 mètres
 - ❑ maximum 255 appareils.
- ❑ **IEEE 802.15.4a** (bandes des 800 ou 900 Mhz)
 - ❑ 20 Kbit/s mais permet une portée de 75 mètres
 - ❑ maximum de 65 000 appareils

	<u>Bande</u>	<u>Couverture</u>	<u>Débit</u>	<u># de canaux</u>
2.4 GHz	ISM	Monde	250 kbps	16
868 MHz		Europe	20 kbps	1
915 MHz	ISM	Amérique	40 kbps	10

L'interface radio de Bluetooth

- Saut de fréquence
 - $2.402 \text{ GHz} + k \text{ MHz}$, $k=0, \dots, 78$
 - 1,600 sauts par seconde
- 1 Mbit/s

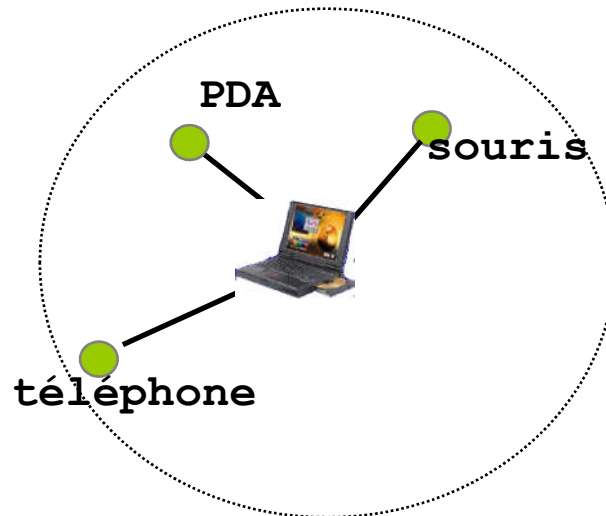


Versions de Bluetooth

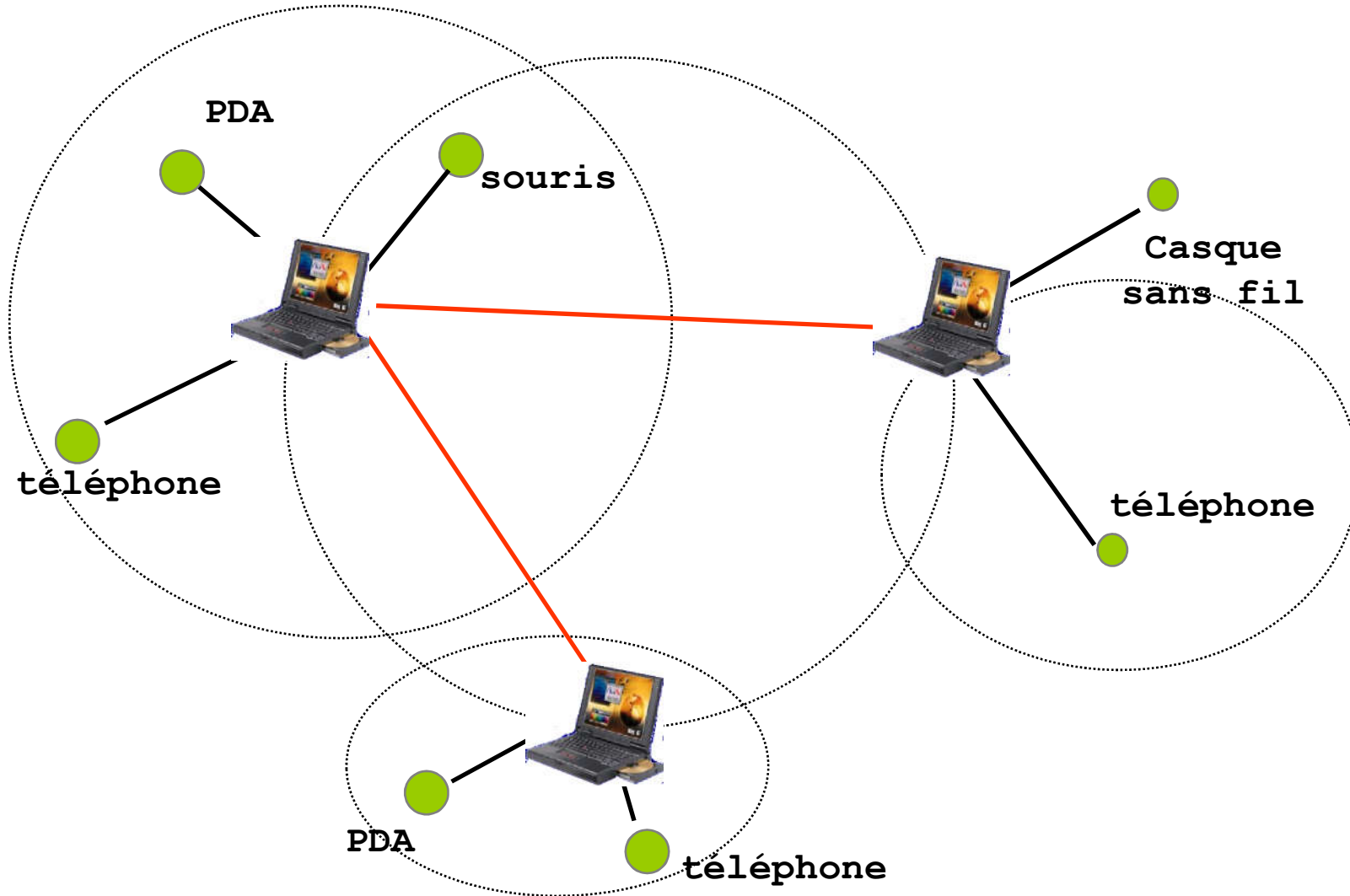
- ❑ Bluetooth 1.x: Moins de 1 Mbit/s (version ratifiée par l'IEEE 802.15 en 2005 avant abandon)
- ❑ Bluetooth 2.0 + EDR puis 2.1 +EDR (2007) (Enhanced Data Rate): 3 Mbit/s
- ❑ Bluetooth 3.0 + HS (2009) (High Speed) = Bluetooth pour la signalisation, Wi-Fi pour la transmission
- ❑ Bluetooth 4.0 + LE (2010) (Low Energy) = Bluetooth 2.1+ HS +ULP (Ultra Low Power)
- ❑ Bluetooth 5.0 Haut débit 3Mbit/s réel (2016)

Piconet

- **Piconet de 8 utilisateurs**
 - 1 maître et 7 esclaves (technique de polling)
- **Débit de la version de base**
 - 433,9 Kbit/s dans une communication full duplex
 - 723,2 Kbit/s et 57,6 dans l'autre sens dans une communication déséquilibrée
 - 64 Kbit/s en synchrone
 - 1 canal asynchrone et jusqu'à 3 canaux synchrones



Piconet et Scatternet



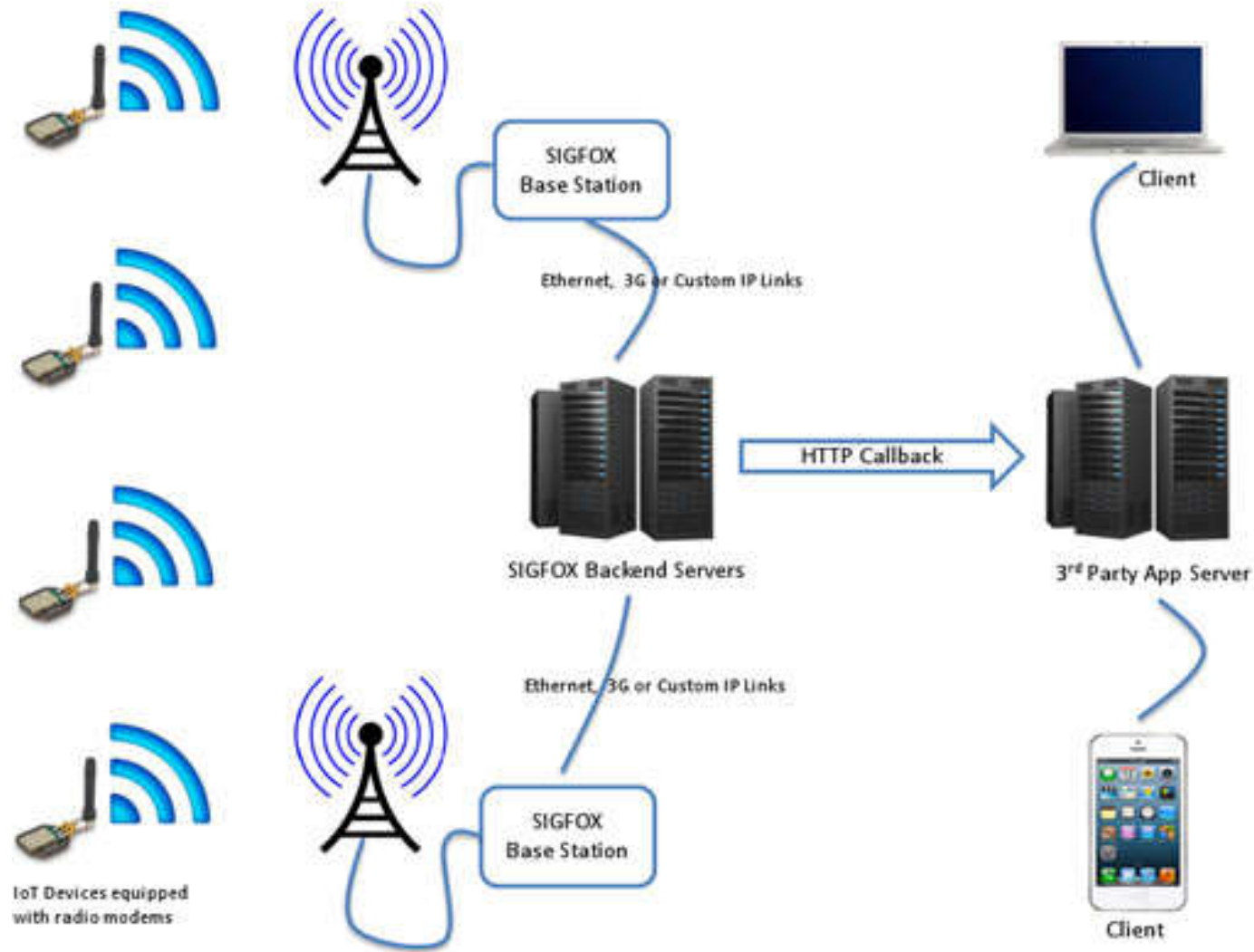
Les systèmes long range

Les systèmes long range

	LoRA	Sigfox	Weightless-N	Ingenu	Qowiso
Fréquences utilisées bandes ISM	868 MHz et 433 MHz (EU) et 915 MHz (USA)	868 (EU) et 902 MHz (USA)	868 MHz (EU) et 900 MHz (USA)	2,4 GHz	868 MHz (EU)
Largeur de bande	120 KHz	100 Hz (UNB)	N/C	80 MHz	UNB
Modulation	DSSS CDMA	UNB GFSK	UNB DBPSK	RPMA	N/C
Débit	300 bits/s à 100 Kbits/s	500 bits/s 12 octets par message	10 bits/s à 10 Kbits/s	600 Kbits/s downstream et 100 Kbits/s upstream	N/C
Royalties sur protocole radio	Oui	Non	Non	Propriétaire	Propriétaire
Chipsets	Semtech, MicroSemi	Atmel, Texas, Silicon Labs, STMicro,	Nwave	N/C	N/C
Pays couverts ou en déploiement	USA, France, Belgique, Pays-Bas, Suisse, Afrique du Sud, Corée du Sud	France, Allemagne, UK, Espagne, USA	Londres	USA, Italie, autres pays N/C	Afrique, Moyen-Orient, Russie, France

N/C : information "non communiquée" publiquement.

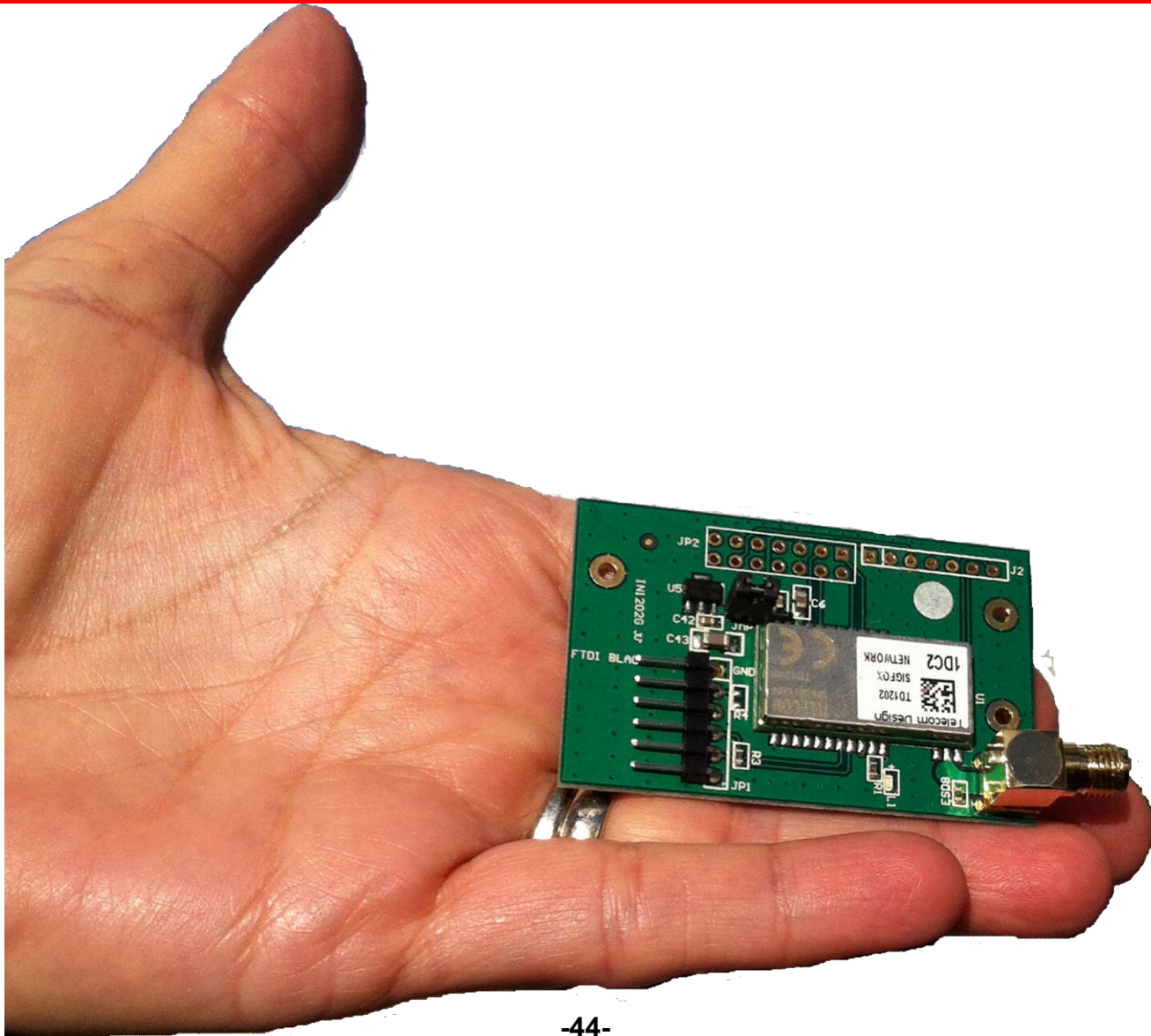
Environnement SigFox



SigFox

- ❑ Utilisation des bandes ISM en-dessous des 1 MHz
- ❑ Cellule de grande taille
- ❑ Jusqu'à 140 messages par objet et par jour;
- ❑ La charge de chaque message est de 12 octets;
- ❑ Le débit du réseau sans fil peut atteindre 500 bits par seconde.

Une carte SigFox



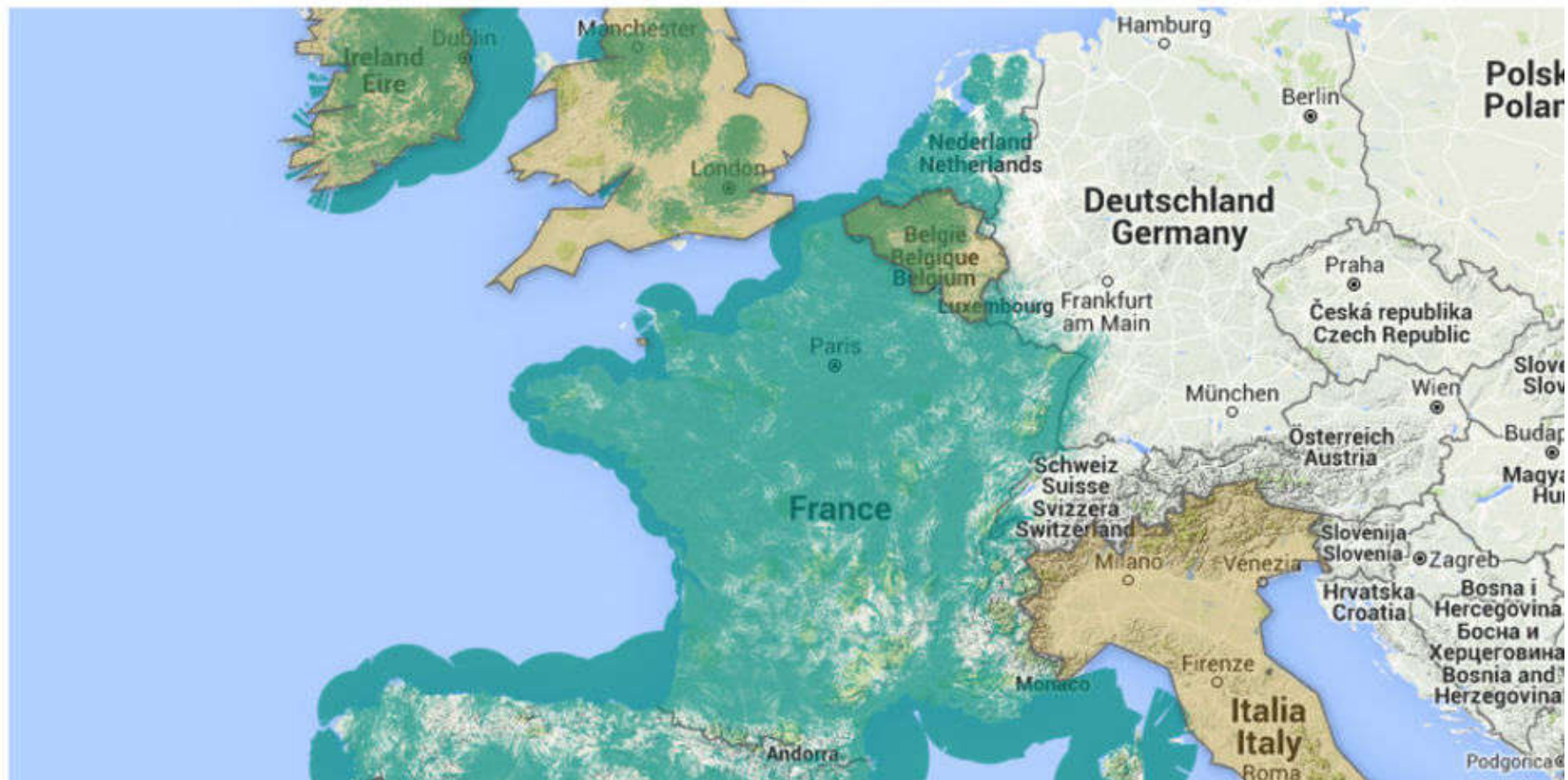
Couverture SigFox



CARTES DE COUVERTURE DU RÉSEAU

Découvrez la disponibilité du service de communication SIGFOX et connectez dès maintenant vos solutions compatibles.

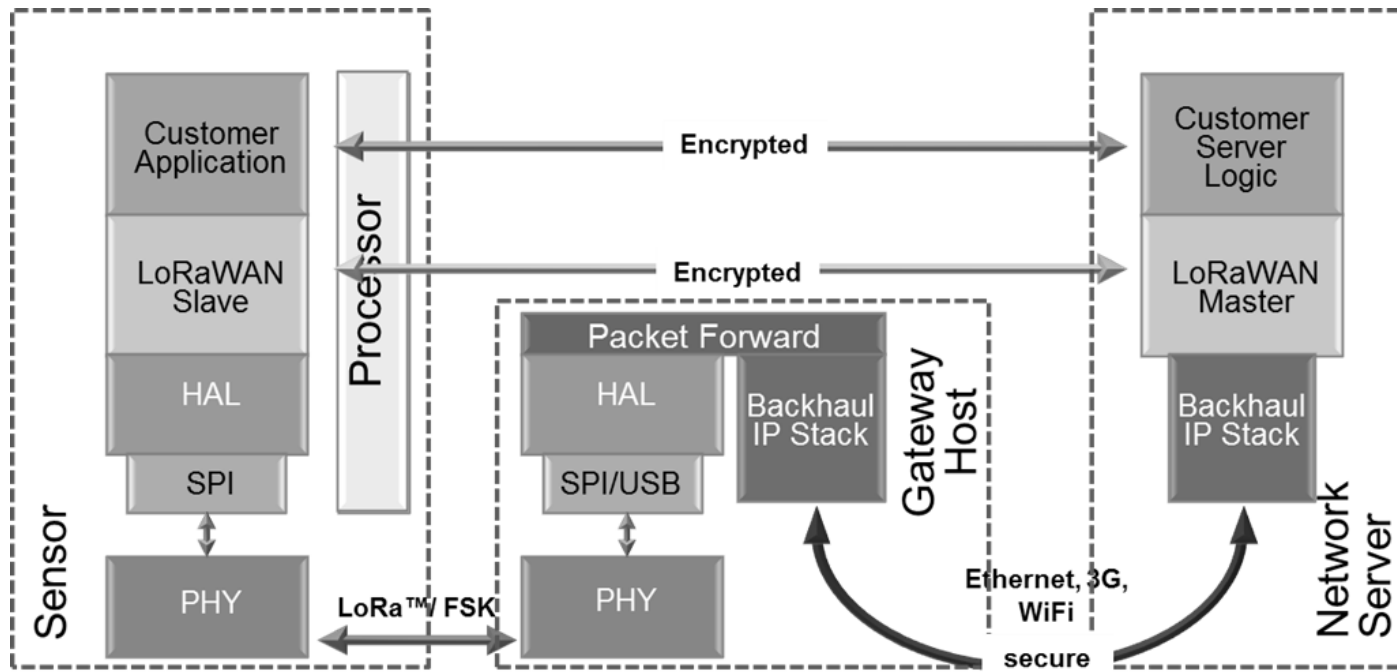
Sélectionnez votre pays:



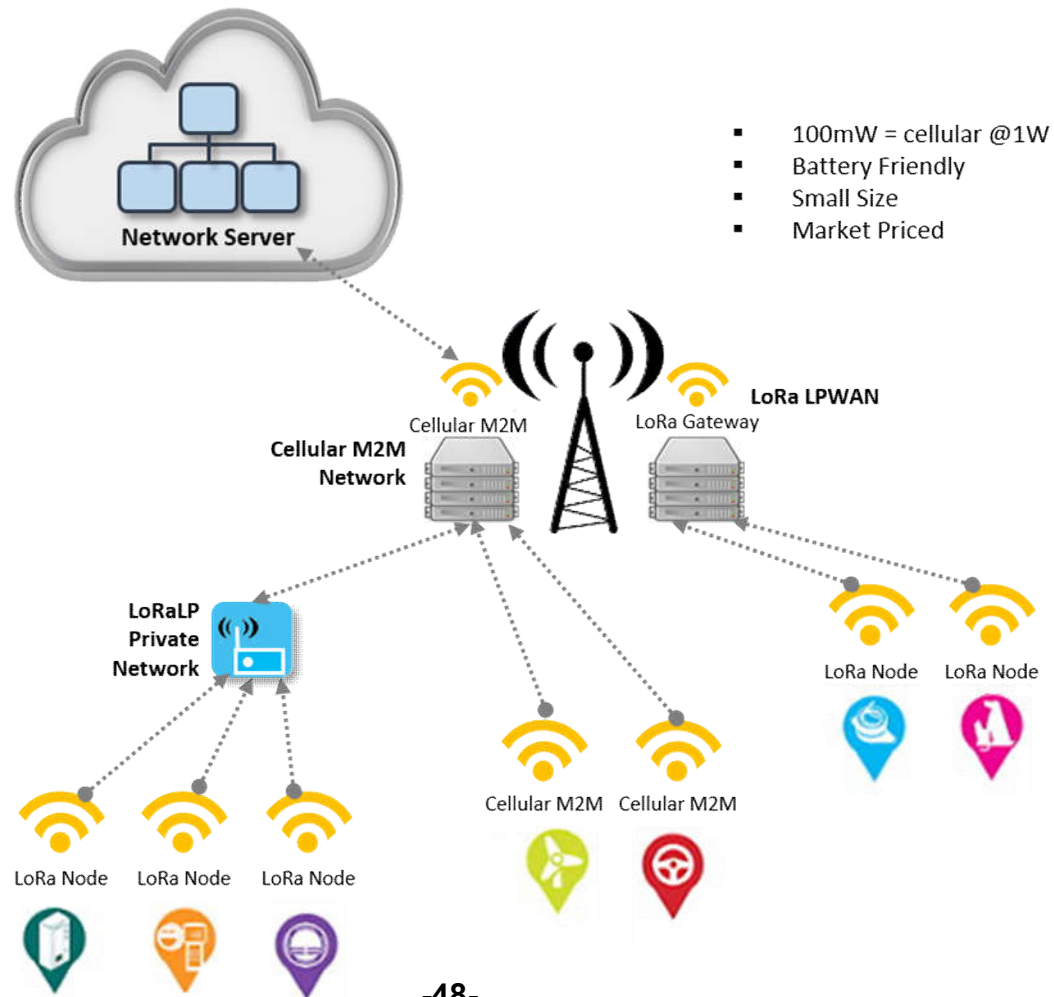
LoRa



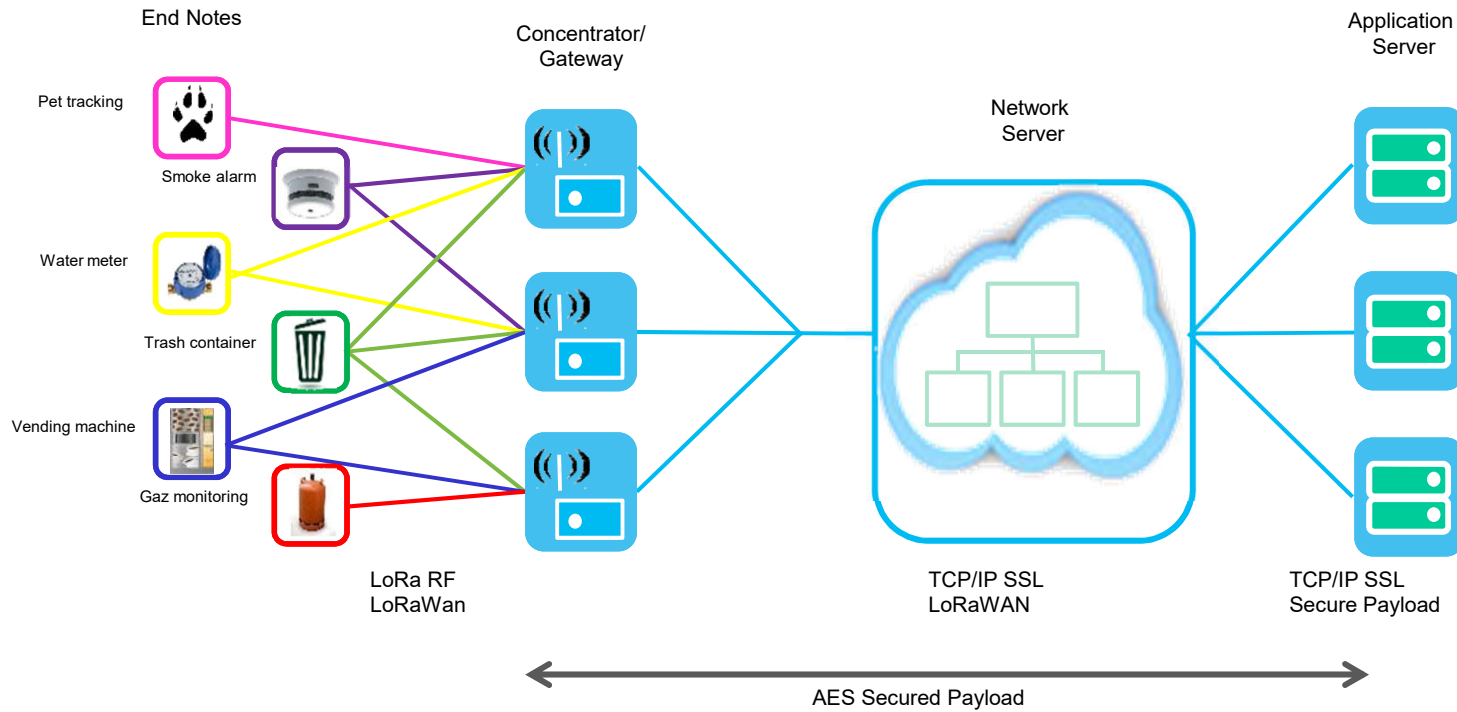
Architecture LoRa



L'environnement LoRa



LoRaWAN (Long Range Wide-area network)



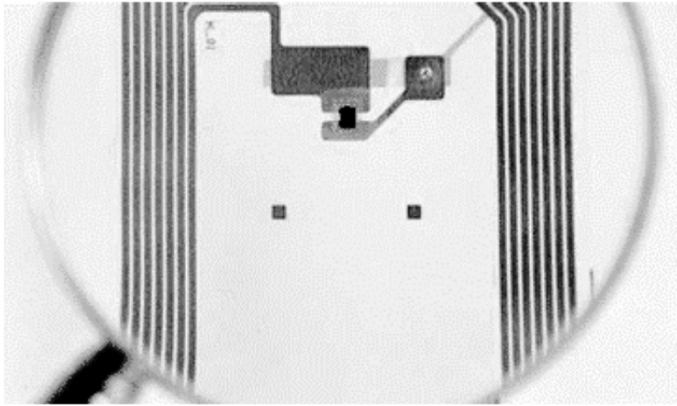
LoRa (*Long Range Wide-Area Network*)

- Pour l'Europe, LoRaWAN possède 10 canaux:
 - La bande ISM: 863-868 MHz
 - 8 canaux de 250 bit/s à 5.5 kbit/s,
 - 1 seul canal LoRa à 11kbit/s,
 - 1 seul canal à 50kbit/s.
- Pour l'Amérique du Nord, LoRaWAN
 - La bande ISM: 902-928 MHz.
 - 64 canaux de 125 kHz plus 8 canaux de 500 KHz dans le sens montant entre 902 et 923 MHz.
 - 8 canaux descendants de 500 kHz allant de 923.3MHz à 927.5MHz.

Composant LoRa



RFID



Passif

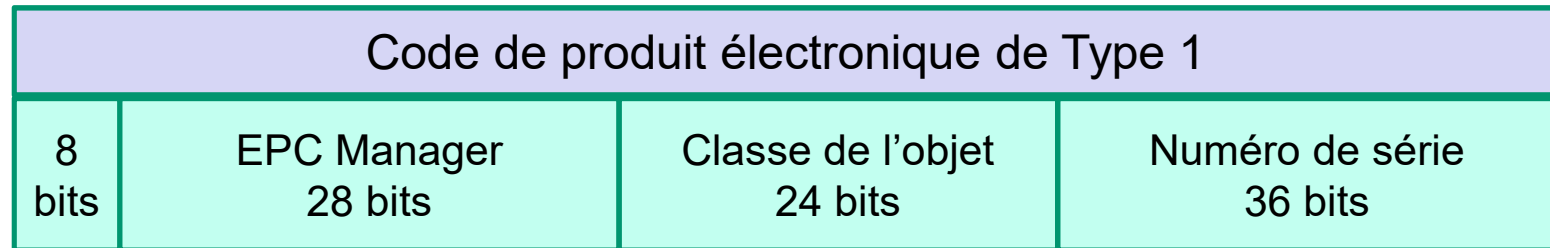


Actif

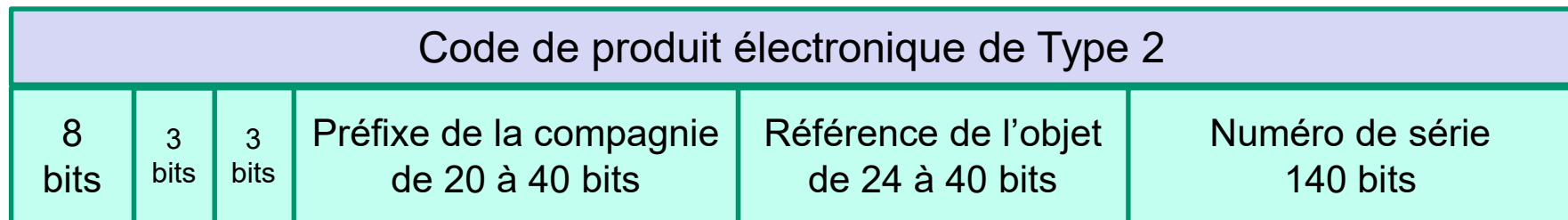
Fréquences pour les RFID

Fréquence pour les RFID	Commentaire
125 KHz (LF)	Première solution permettant une portée relativement importante pour les RFID passifs
13,56 MHz (HF)	Une des fréquences standardisées très utilisée pour les RFID passifs
400 MHz	Quelques utilisations spécifiques, comme la détection des voitures volées
865-868 MHz (UHF)	Bande de fréquences en Europe pour une utilisation intensive des RFID
902-928 MHz (UHF)	Bande de fréquences normalisée pour l'Amérique du Nord
2,4-2,4835 GHz	Bande libre ISM dans laquelle devraient se développer de nombreuses applications RFID

EPC type 1 et 2



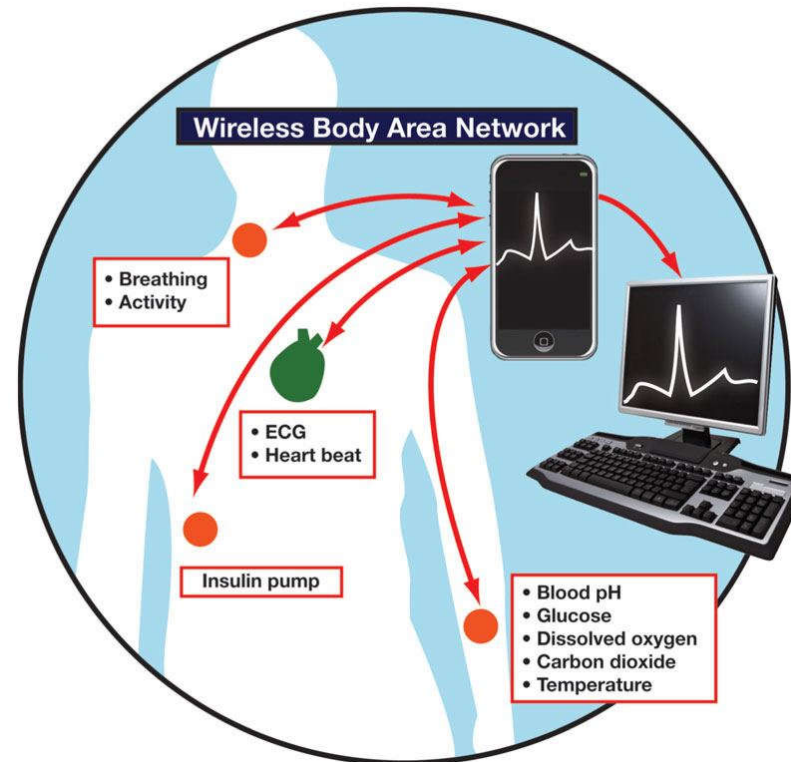
En-tête



En-tête
Valeur du filtre
Partition

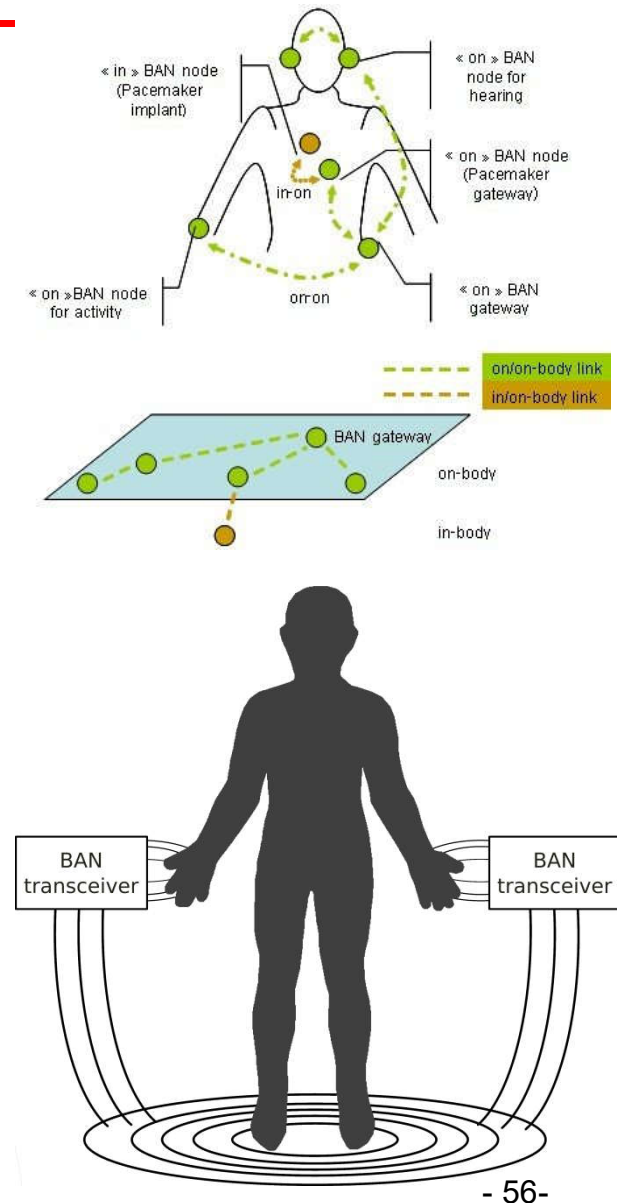
Les objets pour la médecine

- Énorme marché
 - Samsung (2025 - 80% du chiffre d'affaire)
 - Réseau de domicile
 - Hôpital à domicile
 - Suivi en mobilité
 - Diagnostic



Capteurs médicaux

- Très importants développements de capteurs médicaux
- BAN: Body Area Networks
 - La FCC a approuvé
 - Une bande dans les 40 MHz pour les BAN médicaux à basse consommation
 - Une bande pour les connexions externes entre 2360-2400MHz (pour décharger le Wi-Fi)
 - Normalisation par le groupe de travail IEEE 802.15.6



IEEE 802.15.6

- IEEE 802.15.6
 - 402-405 MHz (In - In - Out)
 - Ultra Wideband (UWB), which operates at 2.4 GHz and in the 3.1-10.6 GHz frequency band (Out - Out)
 - Entre 15 et 50 MHz pour les communications internes
 - Human Body Communications (HBC). HBC opère à 13.5, 400, 600, et 900 MHz (communication à la surface du corps)

Poussière électronique pour la médecine



Résumé

Vertical	PHY Layer	Protocols	Application
Health Care	BT LE, 802.11 (ah)	Bluetooth, IP	Proprietary
Home/Building Automation	802.11, HPGP, Zigbee	IP, 6LoPAN, AllJoyn	???
Security	802.11, Zwave	IP, Zwave, AllJoyn	Proprietary
Industrial control & monitoring	Zigbee, 802.11	IP, 6LoPAN	Proprietary, SEP 3.0??
Asset Tracking	802.11, Cellular	IP	Proprietary
Energy Management	HPGP, Zigbee	SEP1.0, SEP2.0	SEP
Remote Monitoring	Cellular (3G/4G)	IP	Proprietary

15

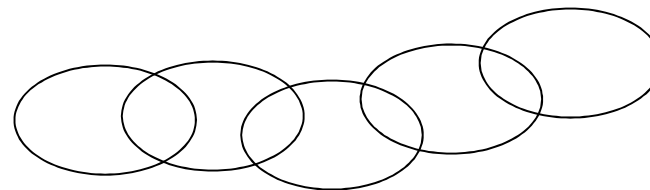
Device to Device

Les technologies

- ❑ Device2Device – 5G
- ❑ Un réseau sans infrastructure
- ❑ Options :
 - Applicative : AirDrop de IOS ; Wifi Direct
 - Niveau MAC : Mode ad hoc WiFi
 - Multi-sauts : Manet at IETF
 - ...



Wi-Fi
IBSS



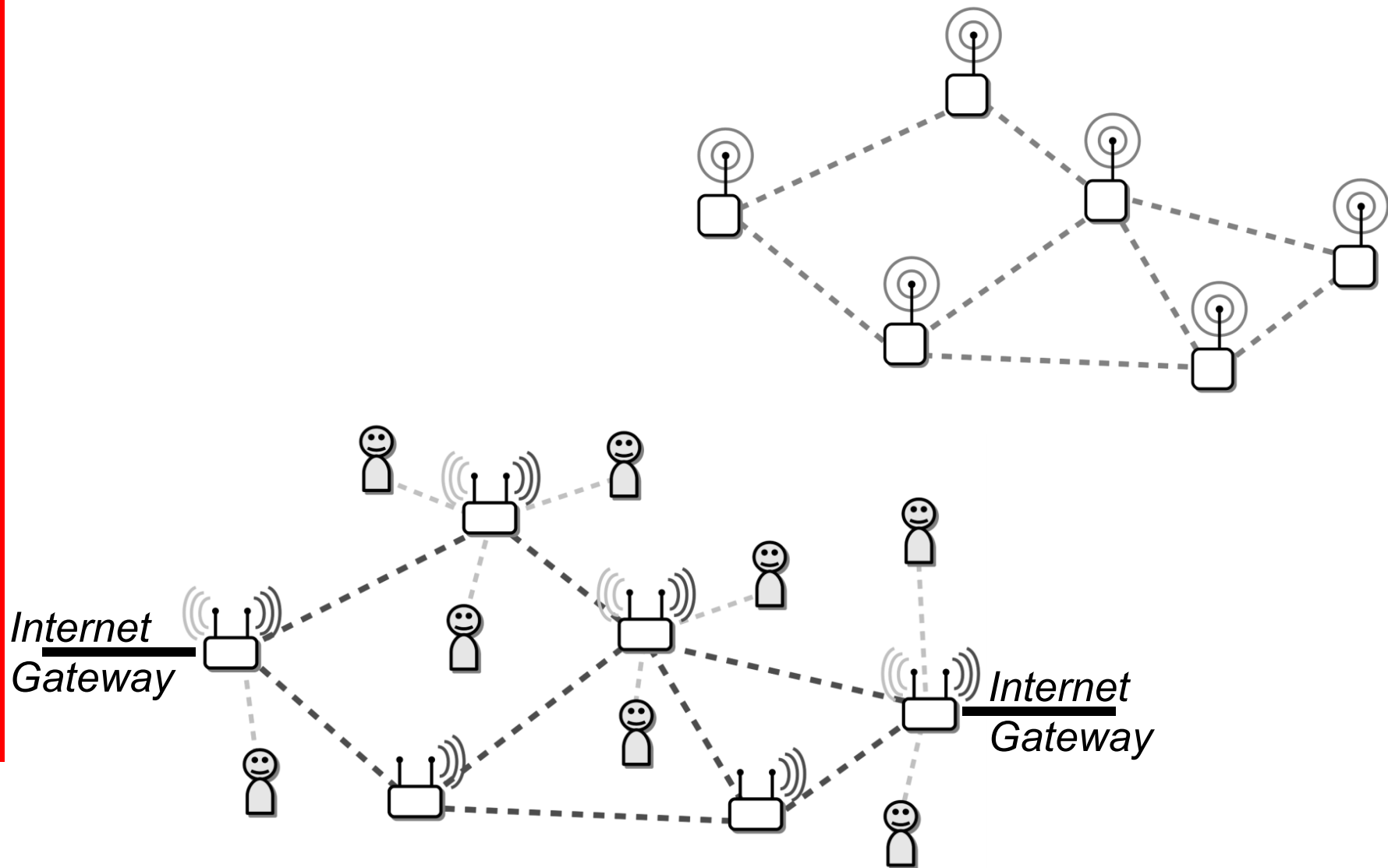
Les réseaux ad hoc

- Un réseau opérationnel sans infrastructure

- MANET (Mobile Adhoc NETWORK)
 - IETF : The Internet Engineering Task Force
 - Protocoles réactifs : AODV
 - Ad Hoc On Demand Distance Vector
 - RFC 3561
 - Protocoles proactifs : OLSR
 - Optimized Link State Routing
 - RFC 3626



Réseaux Mesh vs. Ad Hoc



Les réseaux autonomes : Device2Device 5G

- Se connecter sans contraintes
- Réduction de la pollution d'Internet
- Economie d'énergie
- Meilleure capacité
- Confidentialité
- Local versus Global



Local Versus Global



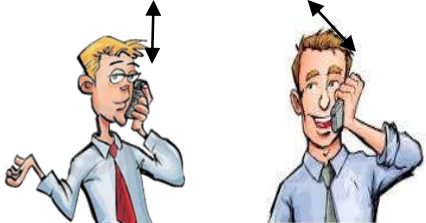
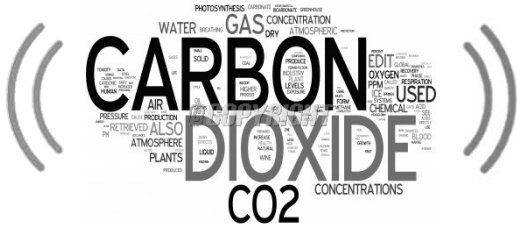
Local Versus Global



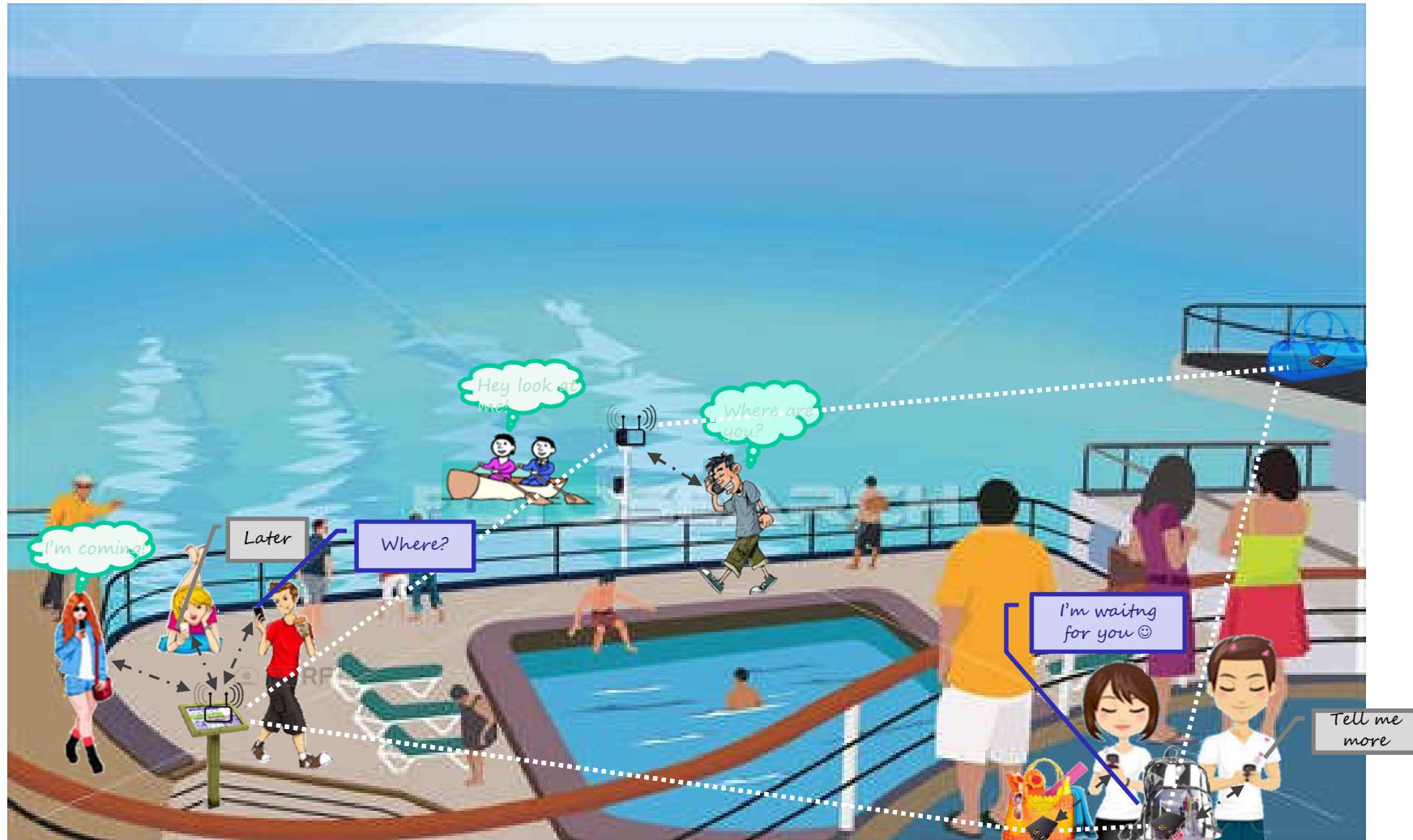
Et en télécom ?!



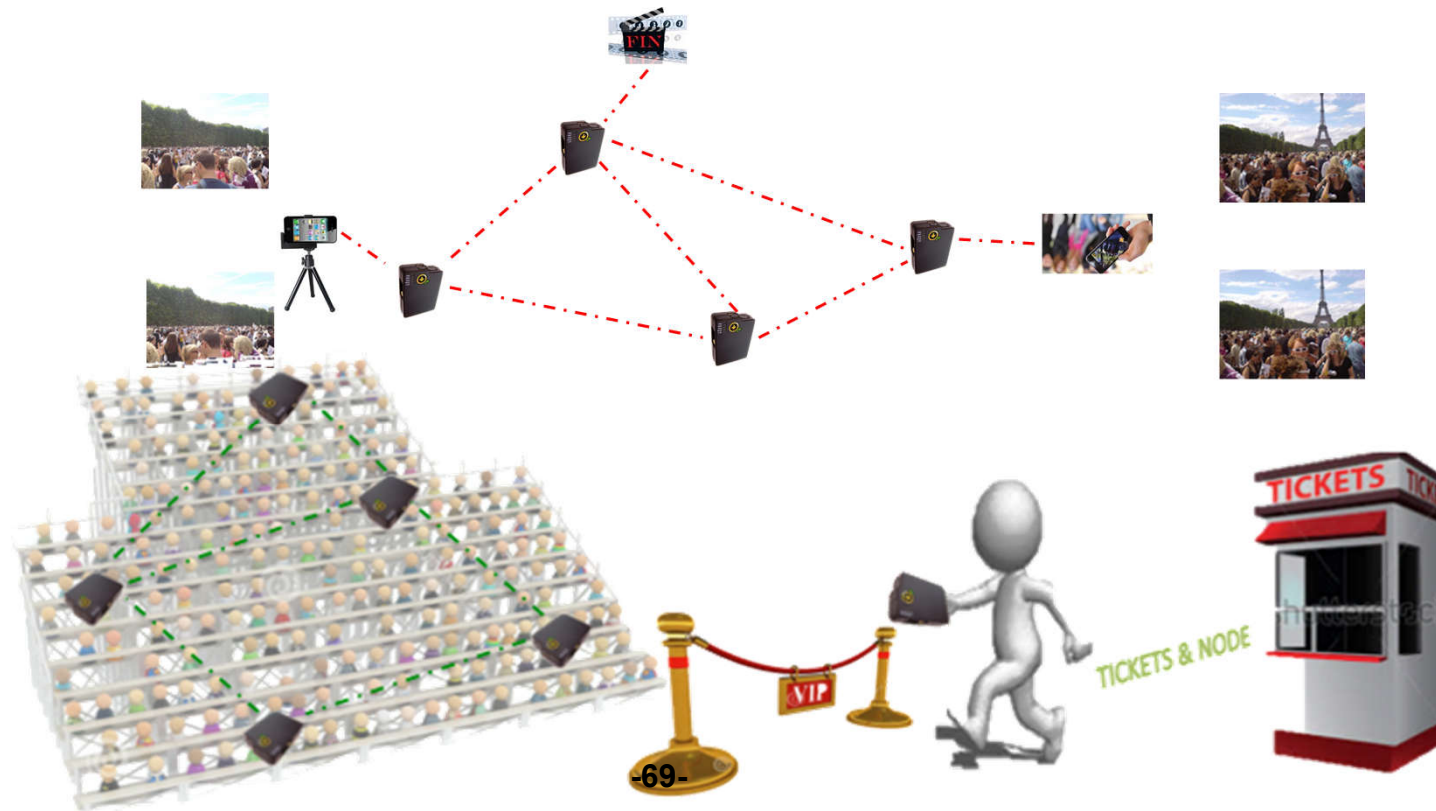
Simply



Exemple : Bateau de croisière



Internet Partisipatif



Internet Participatif



L'Internet Participatif est une infrastructure Internet

Portative
pour être rapidement distribuée dans la foule, ou embarquée sur des drones.

Avec des **des services hébergés** tels qu'une application de chat, vidéo, téléphonie, etc. pour qu'ils soient disponibles à tout moment.

YOI portative + Services hébergés = **Green PI**

Cas d'usage : Smart Citizen

Le citoyen connecté

- Partager les connaissances et l'information de proximité.
- Se connecter avec les objets qui nous entourent.
- Proposer des services de proximité.
- Solliciter un service de proximité.
- Se connecter avec les autres citoyens sans contraintes (roaming, localisation de l'information, intermédiaires...).

