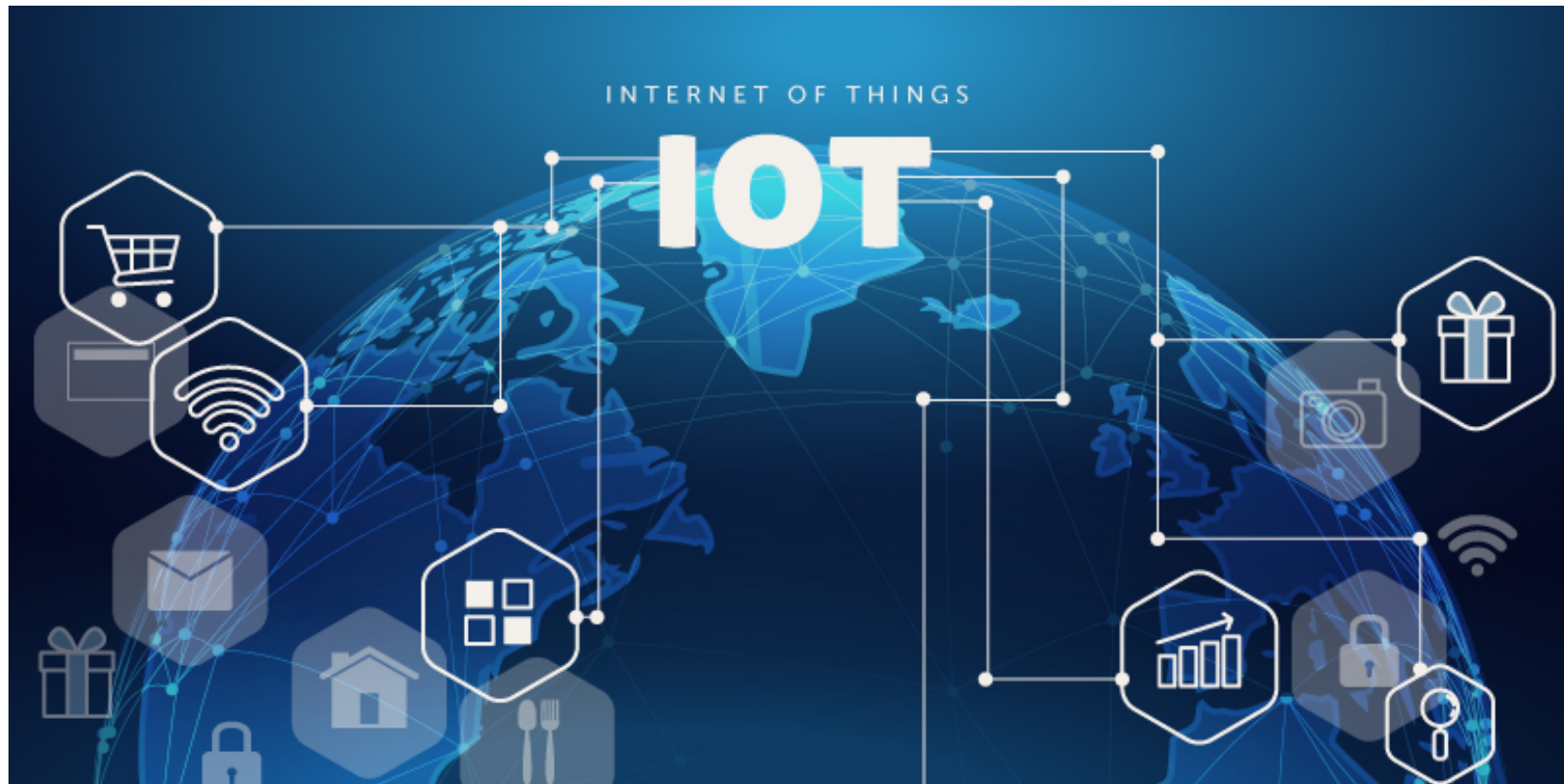


IoT - Introduction

2023 (IA2R - FISA)



Jean Luc Noizette

Définition IoT ou IdO

L'**Internet des objets**, ou **IdO** (en anglais *Internet of Things*, ou **IoT**) est l'interconnexion entre [Internet](#) et des objets, des lieux et des environnements physiques.

L'appellation désigne un nombre croissant d'objets connectés à [Internet](#) permettant ainsi une communication entre nos biens dits physiques et leurs existences numériques.

Ces formes de connexions permettent de rassembler de nouvelles masses de données sur le réseau et donc, de nouvelles connaissances et formes de savoirs.

IoT les 5 composants essentiels

Une solution d'IoT s'articule autour de 5 composants essentiels que sont :

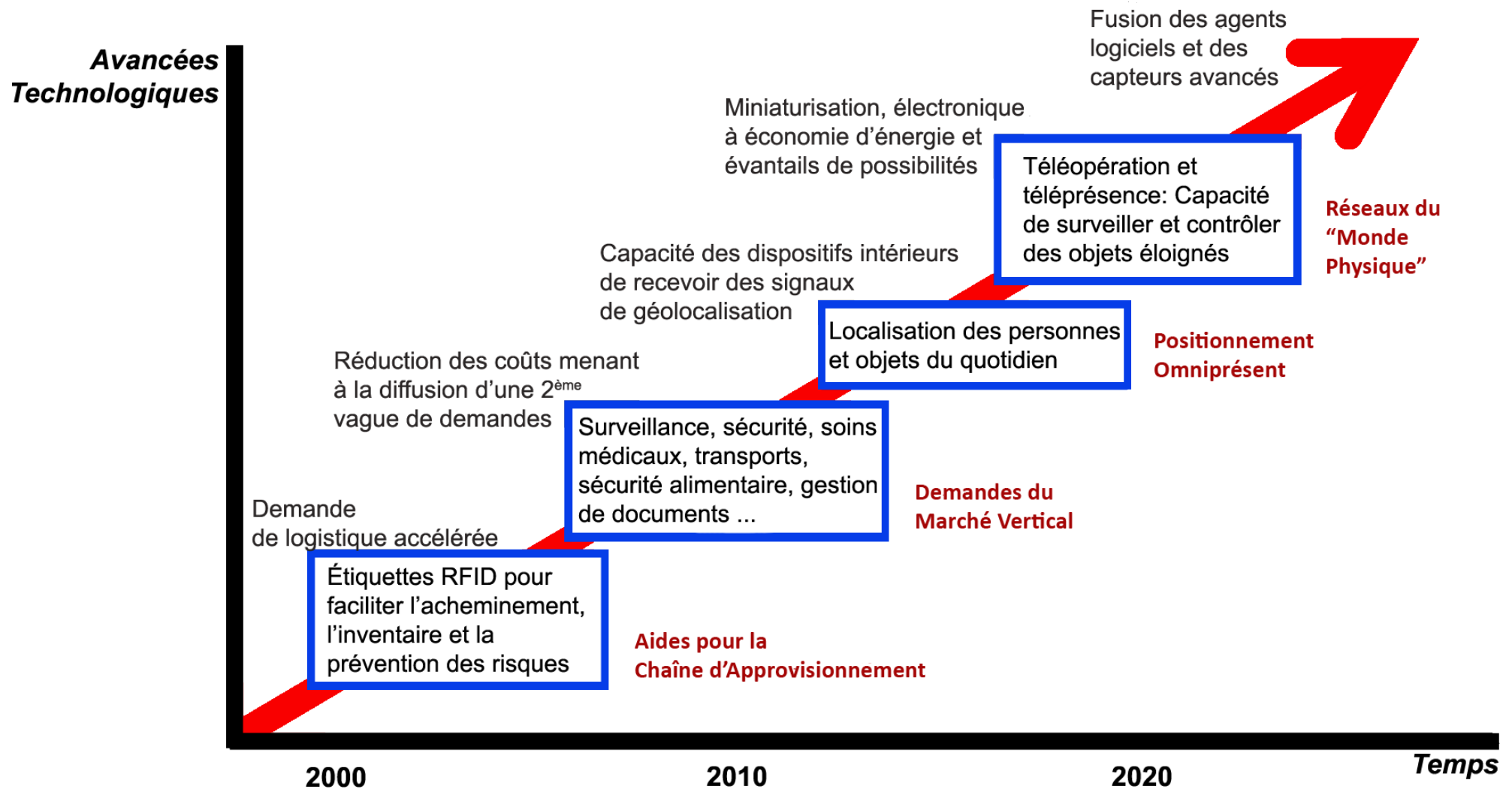
- Les objets (capteurs, actionneurs, système(s)),
- Le réseau (connectivité),
- Les données, (Diamant brute)
- Les informations, (début création de valeur)
- Les applications d'exploitation. (rendre l'accès facile à ses données)

les IoT contribuent à l'**optimisation** ou à la **création de nouveaux usages** pour les entreprises.

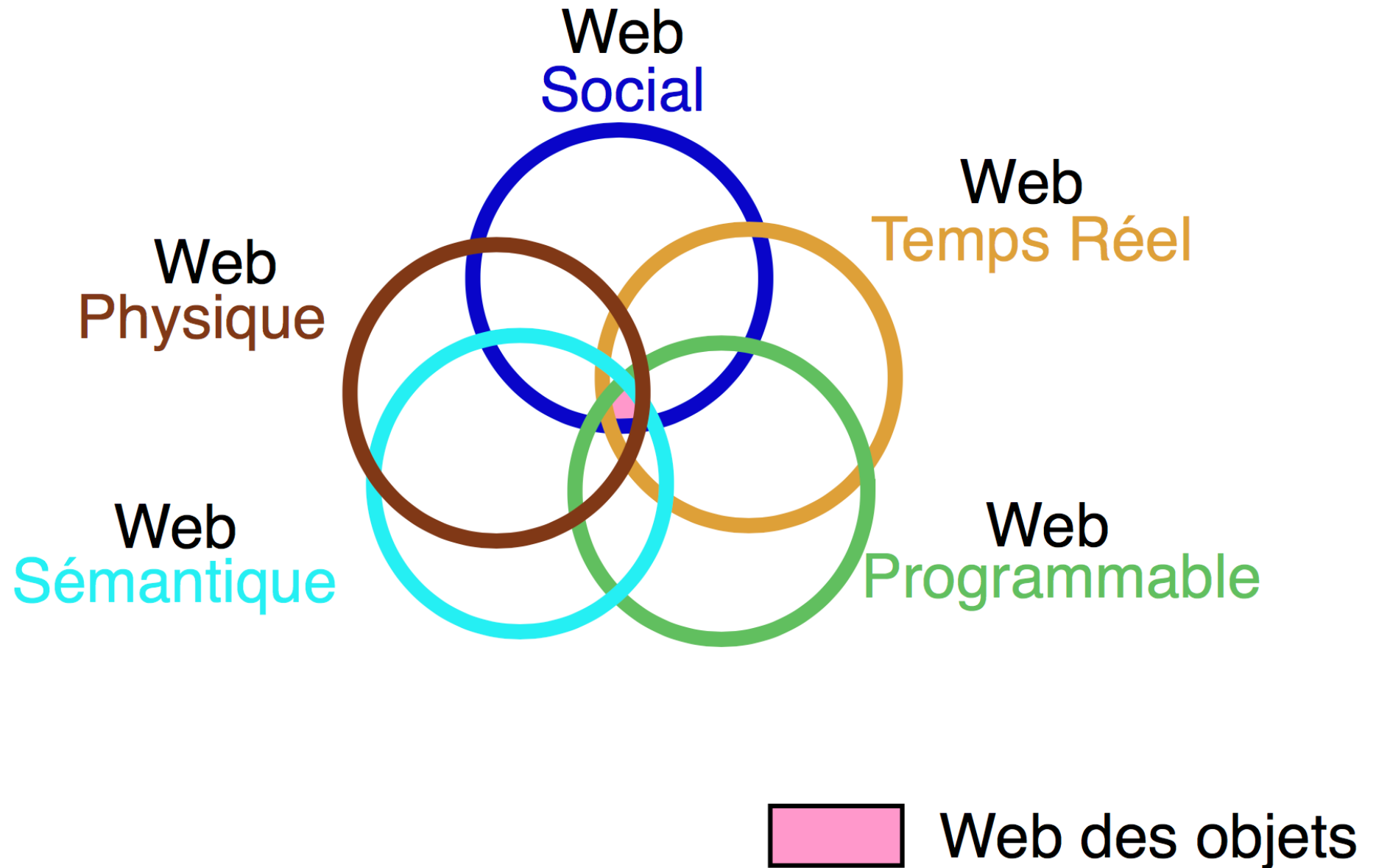
Certains secteurs d'activité présentent un fort potentiel de développement :

- **L'Industrie** avec la maintenance prédictive, la gestion automatisée d'alerte, l'optimisation de processus, l'amélioration des rendements et des approvisionnements...
- Les **villes** avec la gestion des stationnements, optimisation des flux de circulation, , la gestion de l'éclairage public, la gestion des consommations énergétiques...
- Le **Transport** avec l'optimisation de flux de passager, l'optimisation des tournées de livraison, ...
- Le **Retail** avec la réduction de la fraude, l'optimisation d'inventaire, la gestion de stock automatisée...
-

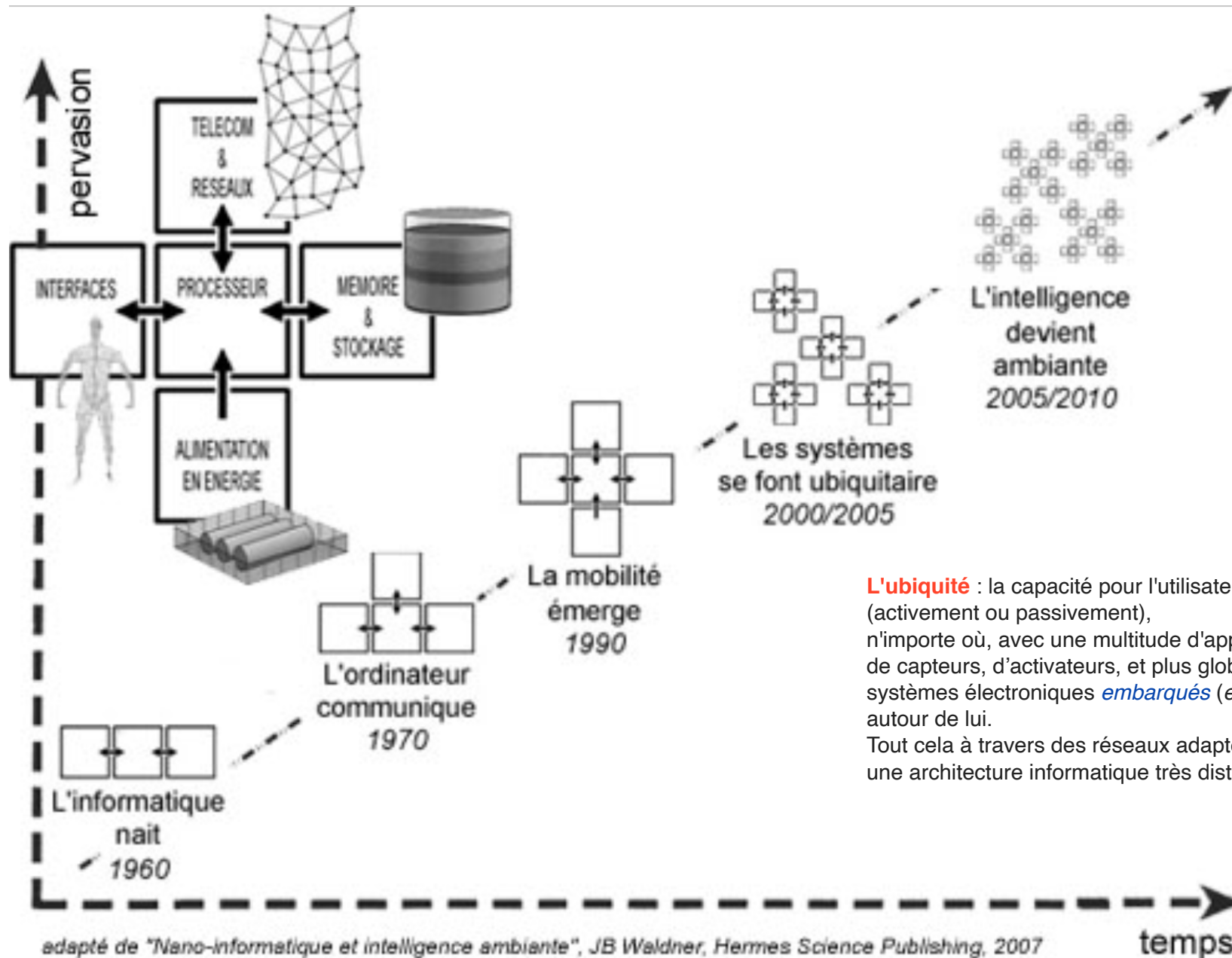
Historique de la Technologie: la Connectivité des choses



Web des objets



Intelligence ambiante



Infrastructure - réseaux

Chaque technologie pour s'imposer doit se développer au niveau mondial et s'associer à diverses sociétés (constructeur informatique, exploitant de réseaux de téléphonie mobile et fixe Internet, les moteurs de recherche, les sociétés informatiques).

Le réseau doit permettre d'envoyer (mais aussi recevoir dans certains cas) des très petits messages sur des longues portées sans passer par des systèmes coûteux de réseaux mobile et en consommant peu d'énergie.

Les objets qui communiquent à l'intérieur d'un immeuble (Wi-Fi, [GSM](#), [Bluetooth](#), [Z-Wave](#), [ZigBee](#)) ou sur des longues distances ([GSM](#), [3G](#), [GPRS](#), [CDMA](#)) ne font pas partie de l'**I**nternet **d**es **O**bjets.

L'**IdO** par ses technologies de communication sans licence opérateur et sans infrastructure coûteuse permet des offres commerciales à faible coût. Ce faible coût est à relativiser par rapport à l'apparition de forfait téléphonique à 2 € par mois sans service associé (téléalarme, détection incendie, alerte des chutes).

Sigfox, M2M, MQTT, Lora, La 5G, Qowisio

Composants Systèmes 1/2

L'Internet des objets n'est pas une **technologie** mais un **système de systèmes** où l'intégration de tous les composants induit une complexité que l'**interopérabilité** diminue mais n'évite pas.

La gestion des **interfaces** y est déterminante. Voici les principaux systèmes technologiques nécessaires au fonctionnement de l'IdO

Type de systèmes	Identification	Capteurs	Connexion
Enjeux	Reconnaître chaque objet de façon unique et recueillir les données stockées au niveau de l'objet.	Recueillir des informations présentes dans l'environnement pour enrichir les fonctionnalités du dispositif.	Connecter les systèmes entre eux.
Technologies anciennes	<ul style="list-style-type: none">• radio-identification simple• code-barres• URI• GPS	<ul style="list-style-type: none">• Luxmètre• capteur de proximité• thermomètre• hydromètre	<ul style="list-style-type: none">• câbles• radio
Technologies récentes	<ul style="list-style-type: none">• radio-identification complexe• onde acoustique de surface• ADN	<ul style="list-style-type: none">• Accéléromètre• gyroscope• capteurs miniaturisés• nanotechnologies	<ul style="list-style-type: none">• Bluetooth• Wi-Fi• ZigBee• Z-Wave• communication en champ proche

Composants Systèmes 2/2

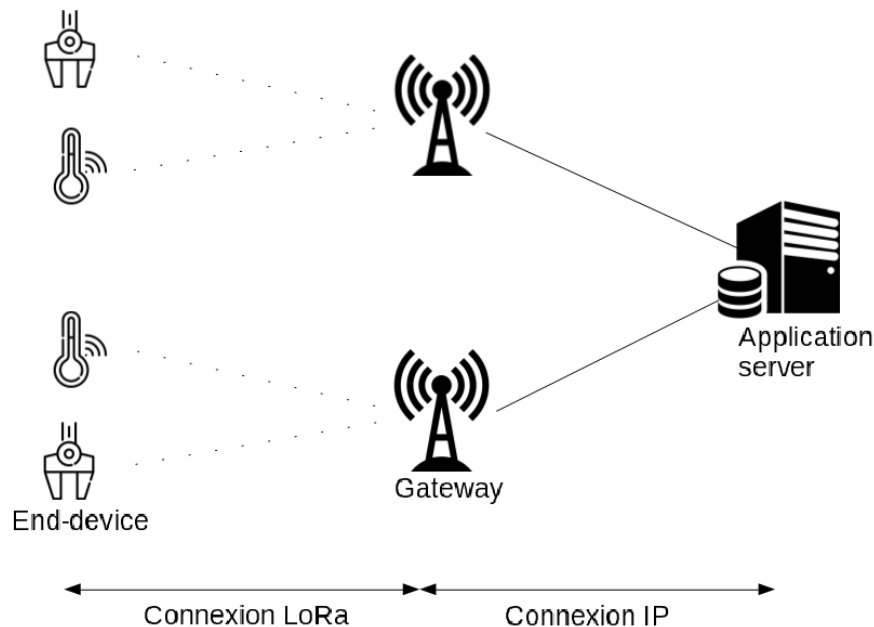
Type de systèmes	Intégration	Traitement de données	Réseaux
Enjeux	Intégrer les systèmes pour que les données soient transmises d'une couche à l'autre.	Stocker et analyser les données pour lancer des actions ou pour aider à la prise de décisions.	Transférer les données dans les mondes physiques et virtuels.
Technologies anciennes	<ul style="list-style-type: none">• middleware simples	<ul style="list-style-type: none">• Base de données• tableur• Progiciel de gestion intégré• Gestion de la relation client	<ul style="list-style-type: none">• Internet
Technologies récentes	<ul style="list-style-type: none">• middleware complexes• analyse décisionnelle des systèmes complexes	<ul style="list-style-type: none">• Entrepôt de données 3D (compatible avec les puces RFID)• Web sémantique	<ul style="list-style-type: none">• EPC Global

Evolved Packet Core :
Noyau de Paquet Evolué
<https://fr.wikipedia.org/wiki/EPC>

[https://fr.wikipedia.org/wiki/LTE_\(réseaux_mobilis\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/LTE_(réseaux_mobilis))

https://fr.wikipedia.org/wiki/Web_sémantique

Exemple d'architecture LoRaWAN



La cible de LoRaWAN est clairement les communications longues portées à bas coût et basse consommation plutôt que les communications à débit élevé qui sont plus consommatrices en ressource CPU et en énergie. En effet, les défis concernant l'interconnexion des objets résident dans leur coût, leur autonomie ainsi que leur nombre d'un point de vue [réseau](#). Ce faible coût est obtenu par l'utilisation d'une architecture en étoile (plus simple qu'une architecture maillée), une technique de modulation plus simple à implémenter que celle des réseaux cellulaires classiques ce qui réduit le coût des composants électroniques qui lui sont dédiés ainsi que l'utilisation de bandes de [fréquences](#) libres (ne nécessitant pas de payer pour leurs utilisations)¹. Les équipements terminaux utilisés sont majoritairement peu coûteux (1 à 5 \$) afin de pouvoir être déployés en grand nombre².

LoraWAN utilise une modulation à étalement de spectre de type **Chirp Spread Spectrum** propriétaire appelée LoRa.

Cette modulation s'effectue principalement sur les bandes radios **ISM** 868 MHz en [Europe](#) et 915 MHz en [Amérique du Nord](#).

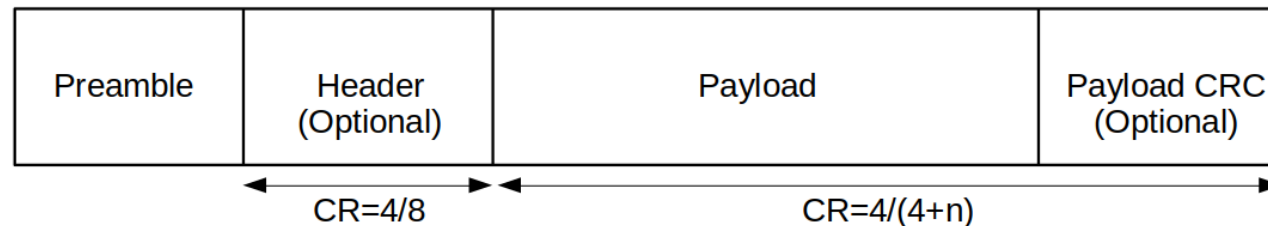
L'utilisation de la modulation CSS pour l'internet des objets a été [brevetée](#) par Cycléo, une compagnie Française ayant été rachetée par Semtech en 2012.

Cette modulation permet une distance entre une passerelle et un équipement jusqu'à 5 km en [zone urbaine](#) et 15 km en [zone rurale](#)⁸.

LoRaWAN - Technologie

Le réseau dit Lora est un réseau dont le protocole **LoRaWAN** s'appuie sur la technique de modulation (**couche physique**) LoRa.
Le réseau permet de connecter des données de capteurs ou d'objets nécessitant une longue autonomie de batterie (compter en années), ayant un volume limité (taille d'une boîte d'allumettes ou d'un paquet de cigarettes) et un coût réduit.

Data Rate (DR)	Modulation	Spreading Factor (SF)	Bande Passante	Débit Physique (bit/s)
0	LoRa	SF12	125 kHz	250
1	LoRa	SF11	125 kHz	440
2	LoRa	SF10	125 kHz	980
3	LoRa	SF9	125 kHz	1 760
4	LoRa	SF8	125 kHz	3 125
5	LoRa	SF7	125 kHz	5 470
6	LoRa	SF7	250 kHz	11 000
7	FSCK	50kbit/s		50 000
8	Réservé pour utilisation future			



	équipement	Tension(V)	Intensité Émission(mA)	Intensité Réception(mA)	Intensité attente (mA)	Intensité sommeil (mA)
LoraWan	RN2903 [archive]	3,3	124,4	13,5	2,7	2
Zigbee	MRF24J40MD [archive]	3,3	140,0	25,0	-	10

	équipement	Émission(mA)	Reception(mA)	attente
LoraWan	SX1272	Min : 18 mA (7dBm) Max : 125 mA (20dBm)	10,5 ou 11,2	0,1 uA
LoraWan	RN2483	Min : 17,3 mA (-4.0dBm) Max : 38,9 mA (14.1dBm)	14,2	100-150 uA

Sigfox

C'est un opérateur télécom de l'[Internet des objets](#).

En France, fin 2014, son [réseau cellulaire](#) comporte 1 300 antennes.

L'opérateur a annoncé en octobre 2015 sa volonté de s'étendre en [Afrique](#) et au [Moyen-Orient](#).

Sigfox est spécialisé dans le [M2M](#) via des réseaux bas débit.

Il contribue à l'Internet des objets en permettant l'interconnexion via une passerelle.

Sa technologie [radio UNB](#) (« Ultra narrow band ») lui permet de bâtir un réseau cellulaire bas-débit, économe en énergie.

Ce type de réseau est déployé dans certaines bandes de fréquences [ISM](#), disponibles mondialement sans licence.

En Europe, la bande de fréquence ISM utilisée est celle de 868 MHz et les technologies de modulation sont [DBPSK](#) et [GFSK](#)



Résumé des technologies de réseaux

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

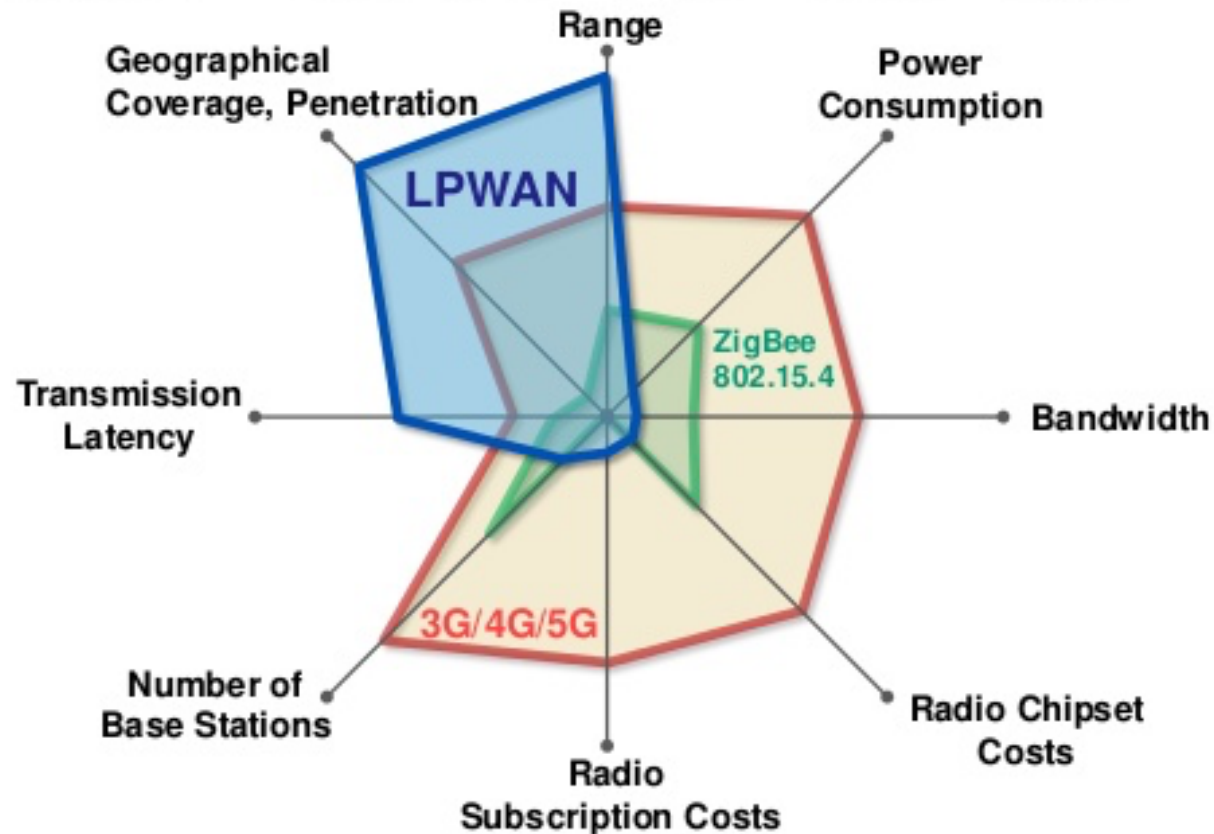
Comparaison multi-critères

LPWAN – Low Power Wide Area Network

indigoo.com

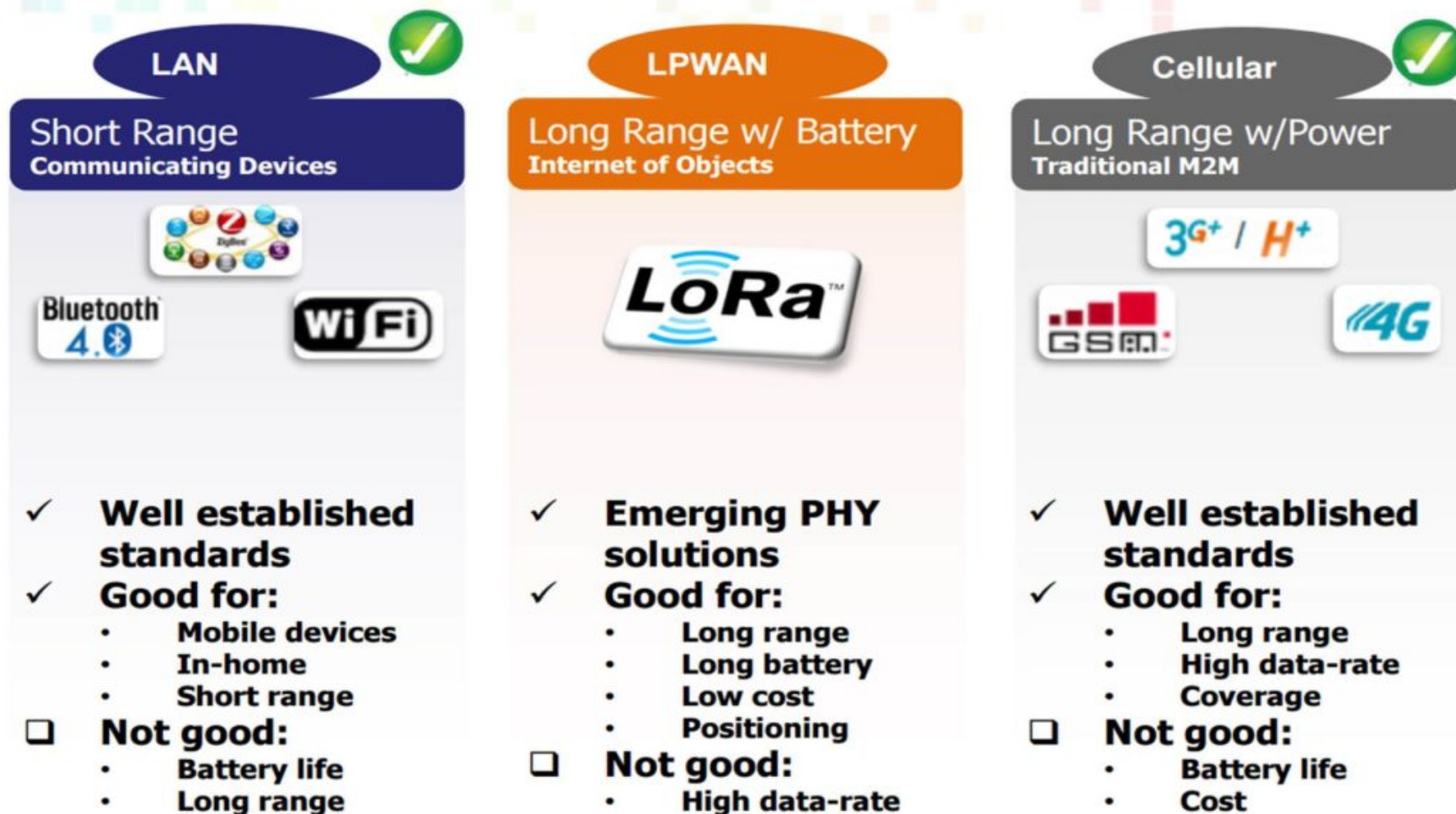
2. LPWAN requirements and characteristics (1/2)

The needs of IoT and M2M applications pose some unique requirements on LPWAN technologies as shown in the comparison with other wireless technologies:



Comparaison des solutions

IoT Segment Trade-offs



Les 5 étapes d'un projet IoT

Les 5 étapes d'un projet IoT



Capteurs

Réseaux

Données

Informations

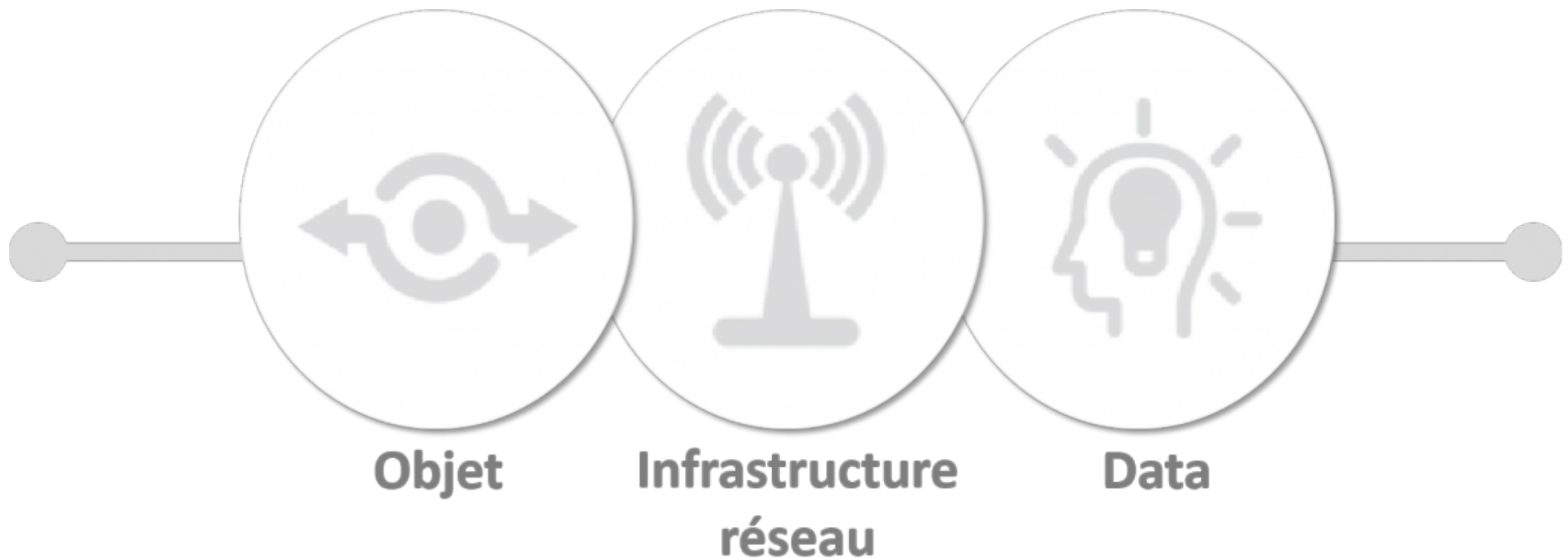
Application
d'exploitation

Comprendre l'IOT

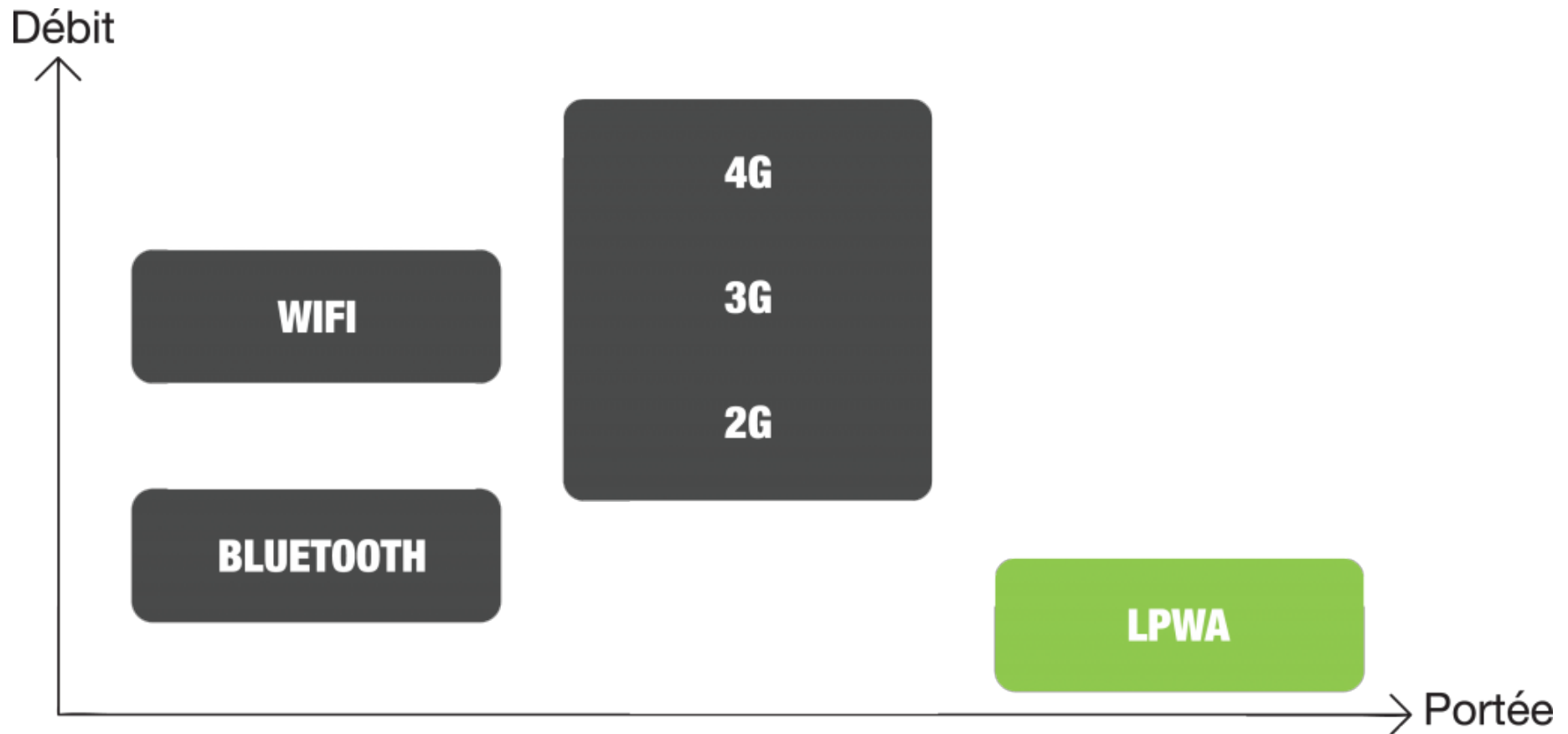
D'ici 2020, les experts estiment qu'il y aura plus de 20 milliards d'objets connectés dans le monde. Le potentiel du marché de l'IoT est donc gigantesque.
80% des usages sont à créer

Dans le secteur **BtoB**, beaucoup d'opportunités se dessinent et tous les secteurs d'activité sont concernés.
Le développement économique d'une entreprise passe par sa capacité à mettre en œuvre et à proposer ce type de service.

L'écosystème IoT est assez complexe car il intègre **plusieurs technologies et domaines de compétences**.
D'un point de vue général, il fait appel et nécessite de multi-compétences dans les domaines :
du **hardware**, des **protocoles de communication**, du **software**, du **cloud** et du **mobile**.



Multitude de réseaux à usages différents et complémentaires



Comparaison des principaux réseaux IoT



Feature	LoRaWAN	Narrow-Band	LTE Cat-1 2016 (Rel12)	LTE Cat-M 2018 (Rel13)	NB-LTE 2019 (Rel13+)
Modulation	SS Chirp	UNB/GFSK/BPSK	OFDMA	OFDMA	OFDMA
Rx bandwidth	500 - 125 kHz	100 Hz	20 MHz	20 - 1.4 MHz	200 kHz
Data Rate	290bps - 50kbps	100 bit/sec 12/8 bytes Max	10 Mbit/sec	200kbps - 1Mbps	~20 kbit/sec
Max. # Msgs/day	Unlimited	UL : 140 msgs/day	Unlimited	Unlimited	Unlimited
Max Output Power	20 dBm	20 dBm	23 - 46 dBm	23/30 dBm	20 dBm
Link Budget	154 dB	151 dB	130 dB+	146 dB	150 dB
Battery lifetime - 2000mAh	105 months	90 months		18 months	
Power Efficiency	Very High	Very High	Low	Medium	
Interference immunity	Very High	Low	Medium	Medium	Low
Coexistence	Yes	No	Yes	Yes	No
Security	Yes	No	Yes	Yes	Yes
Mobility/localization	Yes	Limited mobility, No loc	Mobility	Mobility	Limited mobility, No loc

Qowisio

Les réseaux **LPWAN** (Low Power Wide Area Network)
sont des **réseaux longue portée et à faible consommation énergétique**.
Ces réseaux sont spécifiquement dédiés pour transporter de courts messages entre les objets et ce, à faible coût.

Les réseaux **LPWAN utilisent des bandes de fréquence ISM libres**.
Leur caractéristique est de disposer d'une portée très importante
(jusqu'à 60Km en zone rurale et 2/3km en zone urbaine).

Sur ce marché de l'IoT bas-débit à longue portée, **la France fait figure de pionnière**.

Deux technologies principales sont utilisées :

l'**UNB** (**U**ltra **N**arrow **B**and) : technologie de modulation à spectre étroit
LoRa, qui se base sur le **protocole LoRaWan** (**L**ong **R**ange **W**ide-**a**rea **n**etwork)
technologie de modulation à étalement du spectre)

Qowisio a développé sa propre technologie UNB,
suite à son expérience sur les réseaux privés IoT à l'international
et l'a constamment améliorée afin de déployer un réseau public en France en juin 2015.

Afin de ne pas contraindre l'utilisateur final dans un choix technologique,
Qowisio a ouvert son protocole de communication UNB en le rendant compatible avec LoRa.

Qowisio propose ainsi le seul réseau bi-mode aux porteurs de projets,
ce qui leur autorise une grande souplesse et flexibilité
dans le développement de leurs projets d'objets connectés.

Retour Salon IoT - mars 2022 - Paris

- 1°) Données prennent de la valeur deviennent de l'information
(Qualité, précision, confiance, ...)
- 2°) Le **communications** sont **normalisées** (MQTT, JSON, Mosquitto, ...)
Et font appel à la QoS.
- 3°) **Sécurité** (cryptographie, Identité **unique**, serveur de certificat)
- 4°) Mise à disposition des données (Modèle Broker)
- 5°) **réduire les énergies** car IoT possède un faible pack énergie
- 6°) **Transmissions sporadiques** (lorsque besoin) et non périodique
- 7°) Technologie (Logique séquentielle et non programmée)
F.P.G.A., S.o.C.,
- 8°) Utilisation d'interface simple série asynchrone