Chapitre 4 : Le réseau LPWAN

LPWAN : pourquoi un réseau dédié à l'IoT ?

La popularité croissante ces dernières années de l'internet des objets (IoT) et des communications Machine-to-Machine (M2M) a favorisé le développement d'innovations majeures dans différents secteurs de cette industrie.Les innovations en termes de basse consommation et de connectivité ont notamment permis d'étendre le champ d'applications de l'IoT et de déployer des objets connectés dans des environnements à fortes contraintes.Aujourd'hui, un architecte de systèmes IoT possède un large choix en termes de technologie de communication sans fil pour équiper ses dispositifs.En fonction des différentes spécifications et contraintes liées à son cas d'usage, il devra choisir le réseau le plus adéquat en maniant 4 principaux paramètres qui sont :

- La portée
- Le débit de transmission de données
- La consommation en énergie
- Le coût de déploiement

Historiquement, pour toutes les applications nécessitant de couvrir de courtes distances (de l'ordre de quelques mètres à une centaine de mètres) telle que la domotique, un dispositif IoT utilisera une connectivité WiFi, Bluetooth, RFID ou ZigBee.

D'autre part, pour les applications où le déploiement des dispositifs IoT se fait sur de vastes distances, notamment dans le domaine industriel, les technologies de connectivité cellulaires (2G, 3G, 4G, ou 5G) avec carte SIM M2M étaient souvent utilisées pour faire transiter les datas.Toutefois, ces deux types de technologies ne sont pas toujours adaptés.Pour l'i**ndustrie 4.0**, les applications smart city ou encore l'agriculture connectée, un grand nombre de capteurs dont l'énergie est souvent tirée de petites batteries sera déployé sur des distances pouvant aller jusqu'à des dizaines de kilomètre.Ces capteurs auront pour tâche de mesurer de façon régulière des données souvent de petite taille et de les transmettre à des serveurs distants.Pour ce cas d'usage, un architecte de systèmes IoT ne pourra pas utiliser bien évidemment des connectivités **Wifi**, **Bluetooth** ou **Zigbee** au vu de leur **faible portée**.Les **technologies cellulaires** classiques sont efficaces pour couvrir de **larges distances** et ont été conçues pour

transmettre des **données volumineuses**. Cependant, elles peuvent s'avérer gourmandes en consommation d'énergie avec un coût hardware plus élevé.

Ainsi, pour résoudre cette problématique, un nouveau paradigme IoT a vu le jour :**LPWAN** ou le réseau étendu à basse consommation**.**Le LPWAN s'est depuis imposé comme la meilleure solution pour les systèmes IoT et M2M nécessitant une basse consommation tout en ayant une large portée.

Qu'est-ce que le LPWAN : les bases

Les réseaux LPWAN sont une classe de technologie de réseau sans fil grande distance à basse consommation.Bien que cette prouesse technologique puisse sembler miraculeuse, elle repose sur des principes physiques plutôt simples.Pour transmettre un signal sans fil sur une longue distance, on peut :

- Soit augmenter la puissance du signal ;
- Soit réduire sa bande passante ;
- Soit faire les deux.
  Le **réseau LPWAN** exploite le même principe.En réduisant le débit des données, les datas peuvent être envoyées plus loin tout en maintenant une basse consommation.Ce principe a été exploité dès les années 1980, avec des projets tels que AlarmNet ou ADEMCO qui étaient des réseaux sans fil destinés à monitorer des systèmes d'alarmes et dont l'architecture était très similaire au LPWAN.

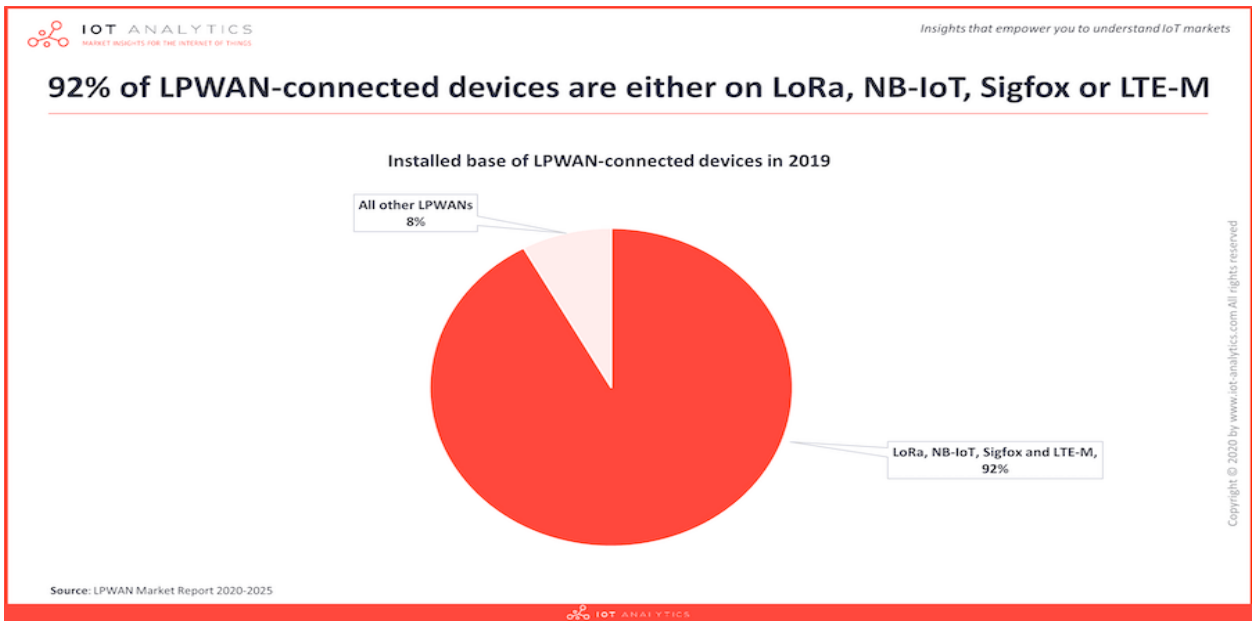
Avec l'avènement du réseau cellulaire dans les années 1990, beaucoup de fabricants de systèmes d'alarmes ont préféré passer au réseau 2G.Il a fallu attendre l'éclosion des objets connectés suivie du développement par la start-up française Sigfox d'un premier réseau destiné aux applications IoT en 2012 pour que le LPWAN renaisse de ses cendres.Aujourd'hui, les technologies LPWAN exploitent des bandes de fréquences avec et sans licence, et ont les caractéristiques suivantes :

- **Portée** : de quelques kilomètres dans les zones les plus denses à des dizaines de kilomètres dans les zones rurales.
- **Autonomie** : Plusieurs années.
- **Bande passante** : De 0.1 à plusieurs centaines de kbits/sec.

Les 4 principales technologies LPWAN : Sigfox, Lora, Nb-IoT et LTE-M

Il existe une multitude d'implémentations du LPWAN qui diffèrent en termes de débit, de bandes de fréquences utilisées ou de modulation.Néanmoins, nous pouvons classifier ces implémentations en deux grandes catégories :

les réseaux LPWAN non-cellulaire et les LPWAN cellulaires.les principaux acteurs de chaque catégorie, à savoir le SigFox et le LoRaWAN pour les LPWAN non-cellulaires ainsi que le Nb-IoT et le LTE-M pour les LPWAN cellulaires.Le focus sur ces 4 technologies est évident : elles représentent 92 % du marché du LPWAN en 2019.



Source : IoT Analytics

LPWAN non cellulaire

1.Sigfox

La startup française SigFox fut la première à rendre la technologie LPWAN populaire. Au début des années 2010, l'entreprise développe le réseau SigFox qui repose sur une technologie brevetée de bande ultra-étroite UNB (Ultra Narrow band) et utilise des fréquences sans licence ISM (Industriel, Scientifique et Médical), à savoir 868 MHz en Europe, 915 MHz en Amérique du Nord et 433 MHz en Asie.Les antennes Sigfox ont une portée qui varie entre 3 à 10 km en zones denses et peut aller jusqu'à 50 km sur des zones avec peu d'obstacles. Toutefois, Il est à noter que le réseau SigFox couvre la France dans sa globalité avec 2000 antennes déployées tout au long du territoire.Du point

de vue international, le réseau couvre 71 autres pays en Europe et dans le monde, dont 21 qui bénéficient d'une couverture globale. Le débit des données est de 100 bits/s. Dans sa version initiale, le protocole SigFox supportait uniquement des communications unidirectionnelles, ce qui permettait aux modules Sigfox de transmettre leurs données mais ne leur permettait pas d'en recevoir.Le protocole a évolué pour supporter des communications bidirectionnelles. Il permet aujourd'hui d'envoyer un maximum de **140 messages par jour** en lien montant chacun contenant 12 octets. En lien descendant, il permet de recevoir 4 messages chacun contenant 4 octets de charge utile.

2.LoRaWAN

Le succès du SIgFox a créé un enthousiasme grandissant au sein de l'industrie autour des LPWANs.

Plusieurs plateformes ont vu le jour dont LoRaWAN (Long Range Radio Wide Area Network) qui est basé sur la technologie LoRa (Long Range) créée par Cycleo, une startup française aussi qui va être rachetée par la suite par le groupe Semtech en 2012. Depuis 2015, le LoRaWAN est porté par une association à but non lucratif appelé The LoRa Alliance, qui regroupe plus de 500 entreprises.L'architecture d'un réseau LoRaWAN est illustrée ci-dessous. De façon générale, on peut distinguer 3 modes de communications :

- Les données émises par les capteurs sont transmises en LoRa aux différentes passerelles (Gateways).
- Les passerelles transmettent les données centralisées à un serveur au cloud au travers d'un protocole IP au moyen de réseaux ethernet, WiFi ou 3G/4G.
- En dernière étape, les données du serveur cloud sont transmises aux utilisateurs via Internet.

Le LoRa, comme le SigFox opère sur une plage de fréquences ISM sans licence, il utilise les fréquences de 868 MHz en Europe et de 915 MHz en Amérique du Nord.

Il est important de préciser que LoRa représente la couche physique radiofréquence et que LoRaWAN représente la couche protocole.

LoRaWAN assure une transmission de données bidirectionnelle et utilise une modulation à étalement de spectre appelé CSS (Chirp Spread Spectrum).

Selon cette étude, Le LoRaWAN offre un débit maximum de 22 kbits/s et une portée pouvant aller jusqu'à 5 km en zones urbaines et 15 km en zones rurales.

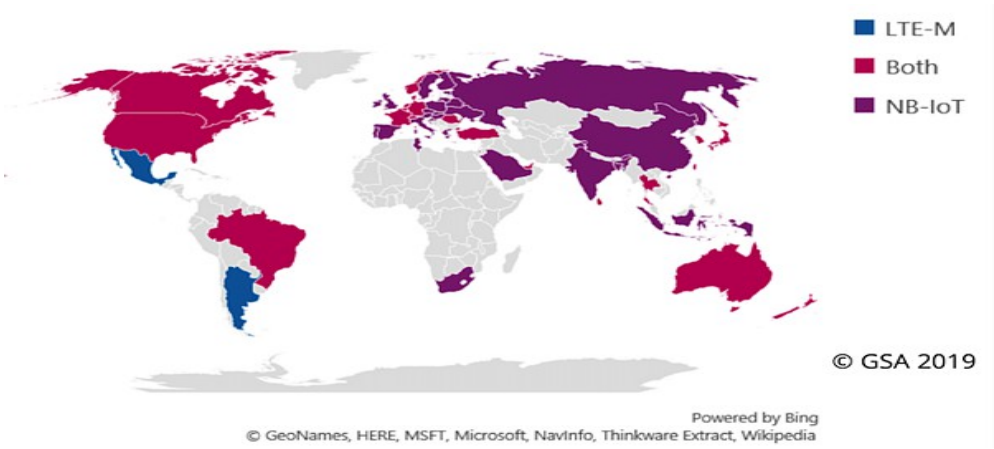
Il est intéressant de noter que LoRaWan donne la possibilité d'adapter le débit de données et la portée à travers ce qu'on appelle un facteur d'étalement ou Spreading Factor en anglais.

En augmentant ce facteur, la portée de transmission est augmentée au détriment du débit de données et vice versa.L'aspect **basse consommation** des réseaux LoRaWAN est l'un des arguments forts de la technologie.En termes d'autonomie, une étude menée sur du bétail où on a attaché aux animaux un équipement de suivi LoRa nous donne un exemple concret d'utilisation :

En effet, une batterie de 400mAh a eu une autonomie de 5 ans avec un rythme de transmission de données chaque heure et une distance de mesure de plus de 10 km.

LPWAN cellulaire

Beaucoup d'industriels, qui traditionnellement utilisaient les réseaux cellulaires classiques (2G/3G/4G) pour leurs applications M2M et IoT se sont rendu compte de l'inadéquation de ces derniers en termes de coût de production des modules et d'efficacité énergétique et se sont tournés petit à petit vers les solutions SigFox et LoRaWAN.Devant ce constat, les opérateurs et constructeurs Télécom ont décidé de s'attaquer à ce segment de marché en proposant une offre LPWAN basé sur leurs infrastructures réseaux existantes.Ainsi la 3GPP (3rd Generation Partnership Project) a développé de nouvelles technologies low cost visant à améliorer les communications machines dont notamment le Nb-IoT et le LTE-M.



Déploiement des réseaux LTE-M et Nb-IoT dans le monde. Source : gsacom.com

1.Nb-IoT

En 2014, le géant des télécommunications chinois Huawei acquiert l'entreprise anglaise Neul, spécialiste de la connectivité IoT longue portée.Avec l'aide de plusieurs acteurs de l'industrie Telecom, la technologie bande étroite développée par Neul, va permettre de poser la première à l'édifice du standard appelé aujourd'hui Nb-IoT (NarrowBand IoT).Le réseau Nb-IoT autrement appelé LTE Cat-NB1 est une technologie qui peut fonctionner sur la bande de fréquence 200 KHz anciennement utilisée par le réseau GSM comme elle peut fonctionner sur le réseau LTE qui peut lui allouer des ressources. Selon cette étude comparative, les antennes Nb-IoT ont une portée pouvant aller jusqu'à 1 km en zones urbaines et 10 km en zones rurales. Sur ces portées, le Nb-IoT assure une **transmission bidirectionnelle** avec un débit de données pouvant aller de 20 jusqu'à 250 kbits/s.

Comparé aux autres technologies de réseaux cellulaires, ce bas débit a permis une réduction significative de la consommation électrique des modules, les rendant plus adaptés à des cas d'usage de monitoring distant sur batterie.Ce bas débit a aussi permis une réduction de la complexité et par conséquent une réduction des coûts des dispositifs.

2.LTE-M

De même que le Nb-IoT, le LTE-M autrement appelé LTE Cat-M1 est une solution proposée par la 3GPP pour faire face à la demande croissante des industriels. Plus particulièrement, ceux qui souhaitent déployer des solutions M2M et IoT sur des réseaux cellulaires mais qui ont besoin d'une **alternative moins gourmande** en énergie et en coût.La portée des signaux LTE-M peut aller jusqu'à 0.4 km en zones urbaines et à peu près 8 km en zones rurales, selon cette étude.De la même façon que pour le Nb-IoT, la **réduction du débit** de transmission des données a permis de faire des économies au niveau du budget énergétique des dispositifs déployés et a ouvert ainsi le champ d'applications de l'IoT à des cas d'usage qui étaient réservés auparavant uniquement pour les LPWAN non-cellulaires.À la différence du Nb-IoT, le LTE-M permet une transmission de données à des débits faibles de l'ordre de la dizaine de bits/s tout comme il permet la transmission de données à des débits pouvant avoisiner les 1 Mbits/s.De ce fait, le LTE-M permet de couvrir un champ d'applications plus large que le Nb-IoT.

Sigfox vs Lora vs Nb-IoT vs LTE-M : le comparatif

Comme on l'a vu plus haut, le LPWAN gagne de plus en plus en popularité. Son faible budget énergétique ainsi que sa longue portée le rendent idéal pour l'industrie 4.0, les applications smart city ou encore l'agriculture connectée.Pour tout architecte de système IoT, la maîtrise des différentes technologies LPWAN est une compétence indispensable.Afin de choisir le réseau LPWAN le plus adapté, il faudra considérer différents paramètres, dont la portée, le débit, le coût de déploiement ou encore la consommation en électricité.D'autres critères secondaires s'ajoutent pour apporter plus de nuance à votre choix de connectivité :

- **Couverture** : regroupe les notions de déploiement du réseau au niveau national ainsi que les performances en indoor notamment.
- **Roaming** : correspond aux accords entre les opérateurs pour permettre l'utilisation du réseau dans les différents pays. Comprends aussi les aspects de mobilité et de handover.
- **Sécurité** : concerne tous les aspects d'authentification sur le réseau (vérification des droits d'accès) & protocoles de sécurité respectés.
- **F(u)OTA / Acquittement** : regroupe les capacités de faire des mises à jour à distance "Firmware Over-The-Air" et la capacité à confirmer l'envoi et la réception du message.

La table ci-dessous résume les performances des différentes technologies abordées :

	Sigfox	**LoRaWAN**	**Nb-IoT**	**LTE-M**
Portée max ~	10 km en urbain 50 km en rural	5 km en urbain 15 km en rural	1 km en urbain 10 km en rural	0.4 km en urbain 8 km en rural
Débit	100 bits/s	22 Kbits/s	20 - 250 Kbits/s	1 Mbits/s
Consommation en énergie	---	---	-	+
Coût de déploiement	--	--	+	+
Couverture	⋆⋆	⋆⋆⋆	⋆⋆	⋆⋆⋆
Roaming	Partiel	Partiel	Non	Roaming Actif
Sécurité	⋆⋆	⋆⋆	⋆⋆⋆⋆	⋆⋆⋆⋆
F(u)OTA / Acquittement	Non	Non	Oui	Oui

Conseils pour choisir votre réseau LPWAN

1. Si l'**autonomie** est le facteur le plus important dans votre système et que vous souhaitez couvrir de vastes zones, il convient de partir sur une connectivité non-cellulaire LoRaWAN ou SigFox

Exemple d'application : agriculture connectée. Le choix entre les deux technologies se fera en fonction de la **portée** ainsi que du **débit de transmissions** souhaitées.

2. Si votre application requiert une transmission fréquente de données et que votre budget énergétique est assez large, optez pour une connectivité cellulaire Nb-IoT ou LTE-M. **Exemples d'applications** : Asset tracking, Industrie 4.0.

3. L'immunité aux interférences est-elle d'importance ? Si oui optez plutôt pour une connectivité LTE-M.

4. Favorisez aussi le LTE-M si votre application impose un temps de latence réduit.

Exemple d'application : monitoring médical.

Les enjeux et challenges à venir du LPWAN

Bien que les développements LPWAN aient connu une grande accélération ces 5 dernières années.

Force est de constater que cette technologie n'en est qu'à ces débuts. Une rude concurrence existe entre les principaux acteurs (SigFox, LoRa, Nb-IoT et LTE-M). Pour autant, d'autres technologies tels que Ingenu ou Telensa intéressent de plus en plus d'acteurs. D'un autre côté, de nouvelles approches basées sur l'intelligence artificielle sont en train d'être étudiées. Les LPWANs cognitives peuvent faire coexister plusieurs technologies LPWAN et ainsi offrir aux industriels une flexibilité d'usage inégalée.

Aujourd'hui toutefois, nous pouvons constater que les technologies LTE-M et Nb-IoT jouissent d'une position confortable puisqu'elles sont les plus récentes et qu'elles sont soutenues par de grands acteurs tels que Huawei, Qualcomm ou Nokia.En plus, les déploiements massifs de ces technologies cellulaires prévus dans les années à venir ne feront que diminuer leurs coûts, d'autant plus que ces connectivités reposent déjà sur une infrastructure déjà existante.

Les cinqs points à retenir sur le LPWAN

1.Le **LPWAN** est un nouveau paradigme IoT qui a émergé pour résoudre une problématique auxquelles les **technologies classiques** de connectivités IoT ne répondaient pas.

2. Le LPWAN s'est depuis imposé comme la meilleure solution pour les systèmes IoT et M2M nécessitant une **basse consommation** tout en ayant une **large portée**.

3. Nous pouvons classifier les implémentations LPWAN en deux grandes catégories : les réseaux LPWAN **non-cellulaire** et les LPWAN **cellulaires**.

4. Quatres principaux paramètres pour choisir votre réseau LPWAN : La **portée**, le **débit**, la **consommation en énergie** ainsi que le **coût** de déploiement.

5. Des innovations technologiques comme la **5G** peuvent émerger dans les années à venir et challenger les principaux acteurs du LPWAN.