

Accélérer les projets IoT LoRaWAN grâce à un kit de démarrage de bout en bout

Rolf Horn, Applications Engineer at Digi-Key Electronics

Les concepteurs de réseaux de capteurs et d'actionneurs Internet des objets (IoT) pour les applications de surveillance et de contrôle à distance, s'étendant de l'agriculture et de l'exploitation minière à la ville intelligente, ont besoin d'une interface sans fil longue portée sécurisée, robuste, à maintenance réduite et relativement facile à déployer. LoRaWAN constitue une bonne option pour de telles applications, avec une portée jusqu'à 15 kilomètres (km) pour les connexions en visibilité directe en milieu rural et jusqu'à 5 km en milieu urbain, grâce à des dispositifs d'extrémité dont les batteries peuvent durer jusqu'à 10 ans.

LoRaWAN est une technologie mature de réseau étendu basse consommation (LPWAN), mais les développeurs sont toujours à la recherche de moyens pour simplifier le déploiement et la connexion au cloud.

Le défi pour les ingénieurs qui débutent avec les projets IoT LoRaWAN consiste à gérer les complexités liées non seulement à la configuration du dispositif d'extrémité sans fil, mais également à l'interface avec la passerelle et une plateforme IoT cloud. La tâche est grandement facilitée par les kits de démarrage des fournisseurs qui incluent tous les éléments nécessaires pour créer et exploiter un prototype.

Cet article présente LoRaWAN et explique comment cette technologie complète les réseaux de capteurs sans fil à courte portée en formant un réseau LPWAN pour transmettre les données des capteurs au cloud. Il présente et décrit ensuite comment utiliser le kit de démarrage [XON-9-L1-KIT-001](#) de [Digi](#) — incluant un dispositif d'extrémité à plusieurs capteurs, une passerelle à plusieurs canaux et une plateforme IoT dispositif-à-cloud — pour concevoir, développer et configurer une solution IoT LoRaWAN basée sur une plateforme industrielle.

Présentation de LoRa et LoRaWAN

LoRaWAN est une technologie LPWAN pour dispositifs IoT, caractérisée par une portée de plusieurs dizaines de kilomètres, un bas débit (de 250 bits par seconde (bits/s) à 50 kilobits par seconde (Kb/s) selon la fréquence porteuse) et une très faible consommation d'énergie (pour une durée de vie de la batterie pouvant atteindre 10 ans, selon l'application). Le Tableau 1 illustre la comparaison entre LoRaWAN et d'autres technologies IoT.

<u>Traditional Cellular</u> Long Range High Data Rates Low Battery Life High Cost	<div><p>LPWAN (3-5B in 2022) Long Range Low Data Rates Long Battery Life Low Cost High Capacity Potential</p></div>	<u>Cat-M1</u> Long Range High Data Rates Low Battery Life Medium Cost
<u>Local Area Network (Wi-Fi)</u> Short Range High Data Rates Low Battery Life Medium Cost	<u>Narrow-Band IoT (NB-IoT)</u> Stationary Devices Short Range (indoor coverage) Low Data Rates Good Battery Life Low Cost	<u>Personal Area Network (Bluetooth®)</u> Very Short Range Low data rates Good Battery Life Low Cost

Tableau 1 : LoRaWAN est un protocole sans fil IoT LPWAN dont les caractéristiques sont adaptées à un fonctionnement bas débit à longue portée. Le tableau montre comment il se compare à d'autres technologies IoT sans fil. (Source de l'image : [Semtech](#))

La spécification LoRa définit la couche physique (PHY) et la technique de modulation sur lesquelles repose LoRaWAN. La couche de contrôle d'accès au support (MAC) de la pile de protocoles est spécifiée par la norme LoRaWAN (Figure 1).

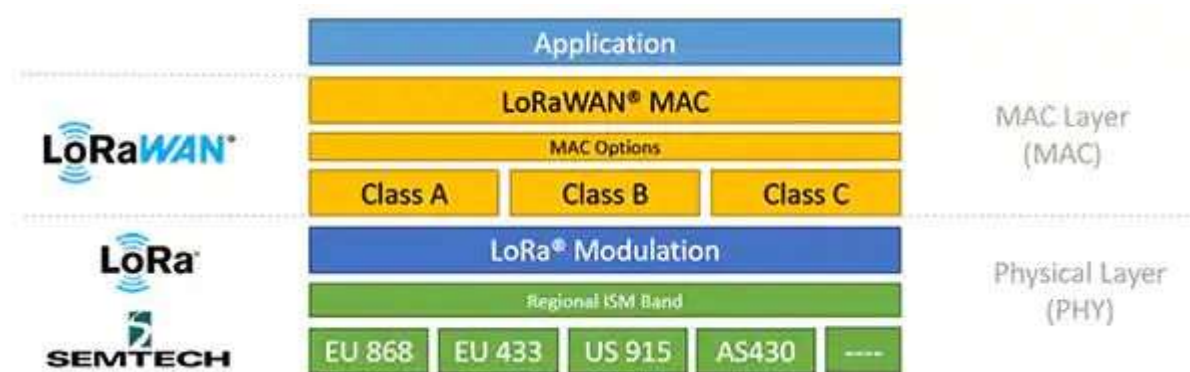


Figure 1 : La couche physique (PHY) et la technique de modulation LoRa, ainsi que la couche MAC LoRaWAN plus la couche application, constituent la pile de protocoles LoRaWAN. (Source de l'image : Semtech)

La clé de la portée de cette technologie est l'utilisation d'une forme modifiée de modulation à spectre étalé à séquence directe (DSSS). Le spectre DSSS étale le signal sur une bande passante plus large que celle de l'information originale, ce qui le rend moins sensible aux interférences et augmente la portée. Un inconvénient du spectre DSSS est qu'il requiert une horloge de référence très précise (et coûteuse). La technique LoRa Chirp Spread Spectrum (CSS) offre une alternative DSSS basse consommation et à faible coût qui élimine l'horloge. La technique CSS étale le spectre du signal en générant un signal chirp qui varie continuellement en fréquence (Figure 2).

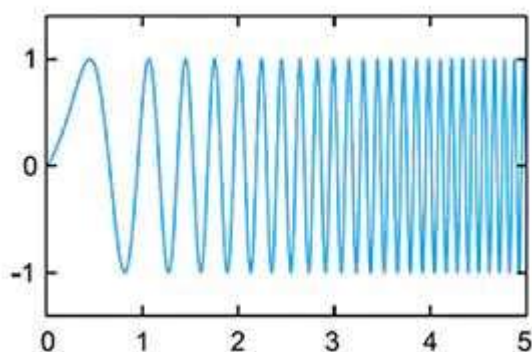


Figure 2 : La technique LoRa CSS étale le spectre du signal en générant un signal chirp qui varie continuellement en fréquence. Cette technique élimine le recours aux coûteuses horloges de référence utilisées dans le DSSS. (Source de l'image : Semtech)

Avec la technique CSS, les décalages de temps et de fréquence entre l'émetteur et le récepteur sont équivalents, ce qui réduit davantage la complexité de conception du récepteur. La

modulation LoRa inclut également un schéma de correction d'erreur variable qui améliore la robustesse du signal transmis, augmentant encore la portée. Le résultat est une puissance d'émission (Tx) du bilan de liaison et une sensibilité de réception (Rx) en décibels-milliwatts (dBm) d'environ 154 dBm, ce qui permet à une seule passerelle ou station de base de couvrir des villes entières.

En Amérique du Nord, LoRaWAN utilise l'attribution de la bande ISM (industrielle, scientifique et médicale) de 902 à 928 mégahertz (MHz). Le protocole sans fil définit 64 canaux de liaison montante de 125 kilohertz (kHz) de 902,3 à 914,9 MHz en incréments de 200 kHz. Il y a huit canaux de liaison montante supplémentaires de 500 kHz, en incréments de 1,6 MHz, de 903 MHz à 914,9 MHz. Les huit canaux de liaison descendante ont une largeur de 500 kHz, de 923,3 MHz à 927,5 MHz. La puissance Tx maximum en Amérique du Nord est de 30 dBm, mais pour la plupart des applications, une puissance Tx de 20 dBm est suffisante. La réglementation de la FCC aux États-Unis ne prévoit aucune limitation du cycle de fonctionnement, mais le temps de tenue maximum est de 400 millisecondes (ms) par canal.

Le réseau maillé est une technique qui permet d'augmenter la portée en transférant les messages entre les nœuds pour atteindre la périphérie du réseau, mais il ajoute de la complexité, réduit la capacité et diminue la durée de vie de la batterie. Au lieu d'utiliser un réseau maillé, LoRaWAN utilise une topologie en étoile où chaque nœud (à longue portée) se connecte directement à une passerelle. Les nœuds ne sont pas associés à une passerelle spécifique. Au contraire, les données transmises par un nœud sont généralement reçues par plusieurs passerelles. Chaque passerelle transmet ensuite le paquet reçu du nœud final au serveur réseau basé cloud via une certaine forme de backhaul (généralement cellulaire, Ethernet, satellite ou Wi-Fi) (Figure 3).

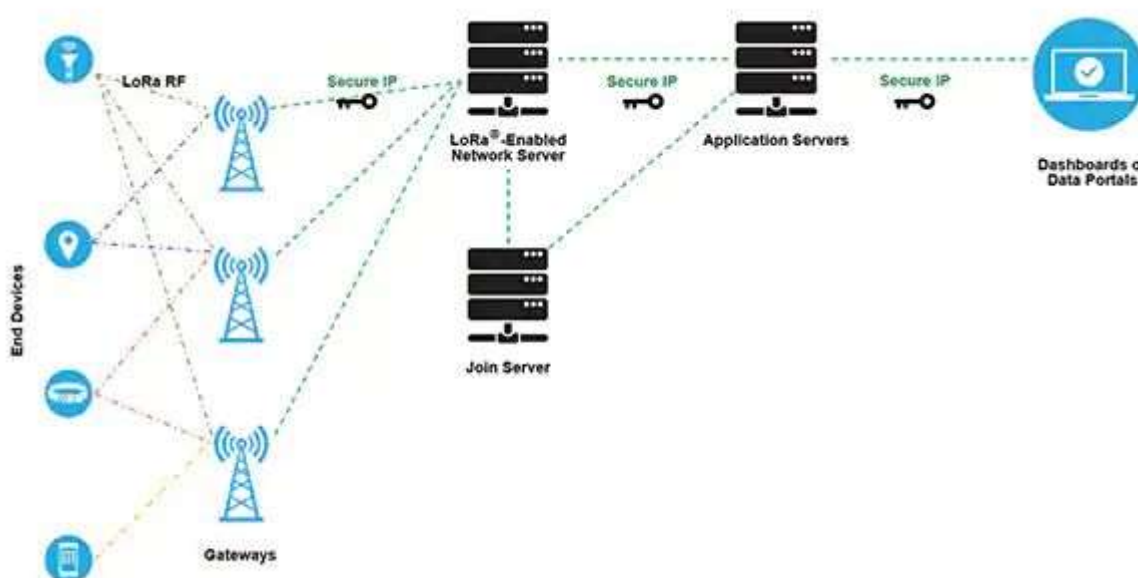


Figure 3 : LoRaWAN utilise une topologie en étoile où chaque dispositif d'extrémité se connecte directement à une ou plusieurs passerelles. Chaque passerelle transmet ensuite les informations au serveur réseau basé cloud via une connexion backhaul. (Source de l'image : Semtech)

Pour qu'un réseau en étoile longue portée soit viable, la passerelle doit être capable de recevoir des messages d'un grand nombre de nœuds. LoRaWAN atteint cette capacité élevée en utilisant un débit de données adaptatif et des passerelles capables de recevoir des messages simultanés sur plusieurs canaux. Une seule passerelle à huit canaux peut prendre en charge quelques centaines de milliers de messages par jour. En supposant que chaque dispositif d'extrémité

envoi dix messages par jour, une telle passerelle peut prendre en charge environ 10 000 dispositifs. Si une plus grande capacité est requise, des passerelles supplémentaires peuvent être ajoutées au réseau.

Kit de démarrage LPWAN pour le prototypage rapide

Les technologies LPWAN sont complexes et peuvent constituer un défi pour un ingénieur inexpérimenté. Le développeur doit non seulement configurer le dispositif d'extrémité sans fil avec une connexion sécurisée et robuste, mais aussi le connecter à la passerelle, l'intégrer dans le réseau, puis établir la connexion avec une plateforme IoT cloud.

La mise en place d'une solution IoT LoRaWAN de bout en bout est simplifiée par l'utilisation d'un kit de démarrage personnalisé, tel que le kit de démarrage LoRaWAN XON-9-L1-KIT-001 de Digi (Figure 4). Avec un tel kit de démarrage, un ingénieur peut se familiariser rapidement avec chaque étape du processus, sachant que l'étape suivante peut ensuite être rapidement intégrée. Par conséquent, même un non-expert peut rapidement créer le prototype d'une solution IoT LoRaWAN complète.



Figure 4 : Le kit de démarrage LoRaWAN XON-9-L1-KIT-001 inclut tous les éléments nécessaires pour prototyper une connexion réseau, y compris la passerelle Ethernet HXG3000, la liaison montante et la liaison descendante, une carte shield client, une antenne, une alimentation et une interface de programmation. (Source de l'image : Digi)

LoRa propose des classes de dispositifs qui permettent des compromis entre la latence de communication en liaison descendante du réseau et la durée de vie de la batterie. Le kit de démarrage de Digi prend en charge LoRaWAN classe A (consommation la plus basse, dispositifs d'extrémité bidirectionnels) et classe C (latence la plus faible, récepteur du dispositif d'extrémité toujours actif, dispositifs d'extrémité bidirectionnels).

Le kit de démarrage fournit tout ce qui est nécessaire pour configurer un prototype LoRaWAN rapidement et en toute sécurité. Plus précisément, il inclut une liaison montante/descendante, une carte d'extension ou shield client avec un module LoRaWAN, une LED, une entrée

numérique, des capteurs de température, une passerelle Ethernet LoRaWAN HXG3000 à 8 canaux de Digi, une interface de programmation (API) embarquée et un compte d'essai gratuit de 30 jours pour une plateforme dispositif-à-cloud avec provisionnement mobile scan-and-go. La passerelle HXG3000 fournit des communications bidirectionnelles longue portée, sans visibilité directe via LoRaWAN, et peut traiter jusqu'à 1,5 million de messages par jour. Le produit comprend une radio omnidirectionnelle de 1,7 dBm, une puissance Tx atteignant 27 dBm et une sensibilité Rx de -138 dBm. L'exploitation se fait dans la bande américaine sans licence de 902 à 928 MHz. Le dispositif est alimenté par courant alternatif ou par Power-over-Ethernet (PoE). Des modèles de backhaul Ethernet et LTE Cat M1 sont disponibles.

Le shield client Digi LoRaWAN est la partie du kit de démarrage qui aide les ingénieurs à prototyper et à développer des capteurs LoRaWAN. Il fournit la connectivité à une sélection de cartes de développement de microcontrôleurs compatibles Nucleo de [STMicroelectronics](#) (par exemple [NUCLEO-L053R8](#)) et Cortex®-M [Arduino ARM Keil®](#) pour la connectivité côté client LoRaWAN. En plus des connecteurs empilables Arduino, le shield client inclut un capteur de température à thermistance basse consommation, un interrupteur à glissière d'entrée numérique et une LED RVB (rouge, vert, bleu) à commande numérique. Le shield a un connecteur U.FL et l'antenne associée est incluse dans le kit. Le shield intègre également le module LoRaWAN qui fonctionne dans la bande américaine sans licence de 902 à 928 MHz. La puissance Tx est de 14 à 20 dBm (Figure 5).

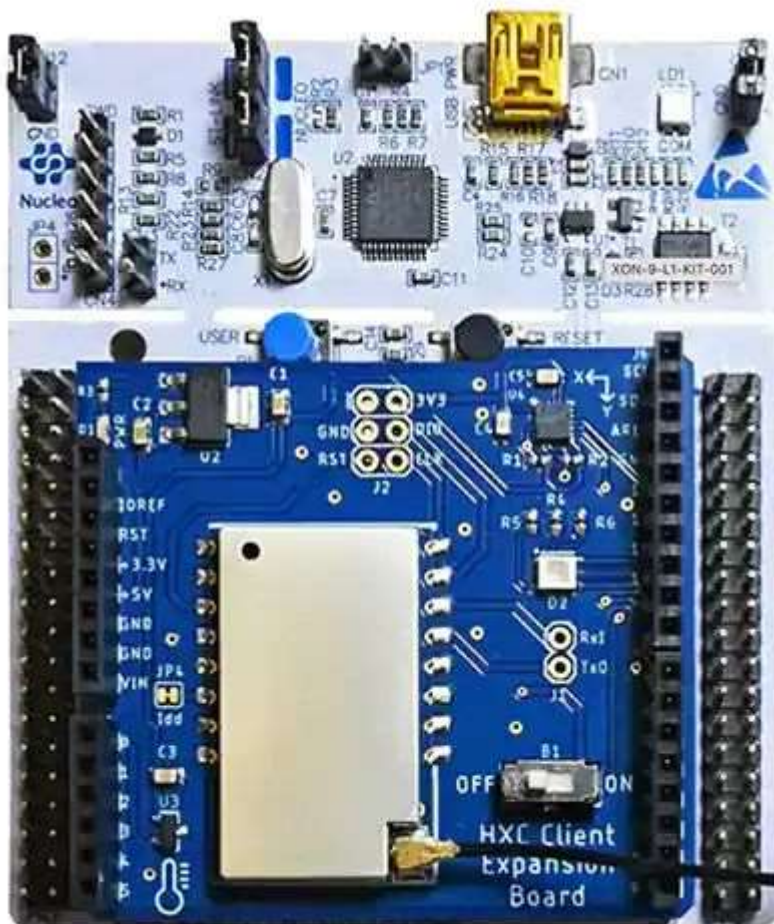


Figure 5 : Le shield client XON-9-L1-KIT-001, qui héberge le module LoRaWAN, peut être monté sur une carte de développement STMicroelectronics Nucleo (illustrée ici) ou Arduino. (Source de l'image : Digi)

Digi X-ON est une plateforme dispositif-à-cloud complète pour les dispositifs d'extrémité IoT. La plateforme fournit à la fois une solution de développement et une solution cloud opérationnelle. X-ON intègre un serveur réseau LoRaWAN et connecte le serveur pour prendre en charge les dispositifs et les passerelles exécutant le protocole sans fil LoRaWAN. Le serveur connecté gère le flux de connexion, y compris l'authentification du réseau et du serveur d'application et la génération de la clé de session.

La plateforme permet au développeur de :

- Configurer, surveiller et diagnostiquer les dispositifs ou les passerelles à partir de l'interface Web et mobile
- Automatiser le déploiement des dispositifs et des passerelles avec l'application de provisionnement
- Gérer les passerelles de réseaux sans fil
- Collecter et analyser les données directement à partir des dispositifs d'extrémité
- Utiliser une API inter-cloud pour des données de dispositifs bidirectionnelles en temps réel entre plusieurs plateformes cloud
- Enregistrer et suivre les messages de données en temps réel pour les opérations interactives et le dépannage avec les dispositifs d'extrémité et les passerelles
- Intégrer des données via des API ouvertes pour développer des applications plus complexes avec des utilitaires tiers (Figure 6)



Figure 6 : La plateforme dispositif-à-cloud Digi X-ON pour dispositifs d'extrémité IoT permet au développeur d'automatiser le déploiement des dispositifs et des passerelles avec l'application smartphone de provisionnement. Le développeur peut ensuite configurer, surveiller et diagnostiquer les dispositifs ou les passerelles à partir de l'interface Web et mobile. (Source de l'image : Digi)

Démarrer un projet LoRaWAN

Étant donné que les cartes de développement shield client, STMicroelectronics Nucleo et Arduino utilisent des microcontrôleurs ARM Keil embarqués et sont donc compatibles avec ARM Keil Mbed, il est relativement simple de démarrer un projet avec le kit de démarrage Digi. (ARM Keil Mbed est une plateforme et un système d'exploitation (OS) pour dispositifs IoT, reposant sur les microcontrôleurs Cortex-M 32 bits ARM Keil.) Le shield client inclut un langage de commande AT embarqué et une API ARM Keil Mbed C++ simplifiée embarquée, conçue pour éliminer les complexités de conception et simplifier le développement.

La compatibilité Mbed du kit de démarrage Digi LoRaWAN permet de développer des applications à l'aide des ressources ARM Keil Mbed en ligne. Les ressources comprennent trois options. Le compilateur en ligne Mbed permet au développeur de commencer instantanément le développement d'applications sans rien installer. Il suffit d'avoir un compte Mbed.

Pour le développement d'applications plus avancées, le kit de démarrage Digi LoRaWAN peut être connecté à [Mbed Studio](#), un environnement de développement intégré (IDE) de bureau permettant de créer, compiler et déboguer des programmes Mbed. Enfin, il y a le [Mbed CLI](#), un outil de ligne de commande qui peut être intégré dans l'IDE préféré du développeur.

Le chemin de développement le plus rapide est de configurer d'abord le compte Digi X-ON.

Ensuite, le développeur doit s'enregistrer pour obtenir un compte de compilateur en ligne Mbed. Puis, une fois le shield client monté sur la carte de développement, l'assemblage doit être connecté à un ordinateur de bureau à l'aide d'un câble USB. La LED « PWR » du shield client et la LED « COM » de la carte de développement s'allument alors, indiquant que l'électronique est sous tension.

Le compilateur en ligne Mbed guide ensuite le développeur tout au long d'étapes simples pour ajouter la plateforme matérielle au compilateur. Une fois le matériel ajouté, le code peut être importé dans le compilateur à partir des exemples d'applications de capteurs du référentiel Mbed (ou d'autres bibliothèques) et téléchargé dans la carte de développement. Le compilateur peut également être utilisé pour modifier les configurations LoRaWAN, telles que la classe du dispositif et le mode de connexion réseau (Figure 7).

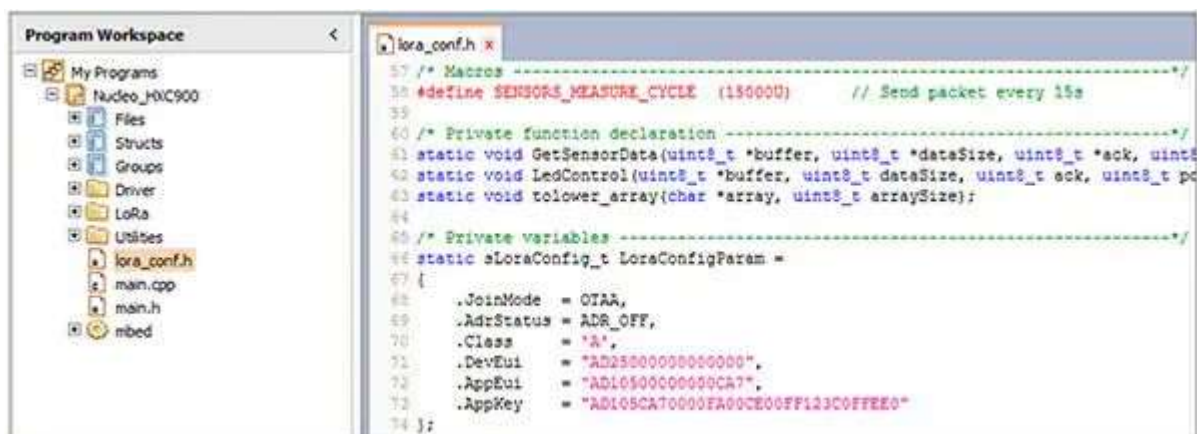


Figure 7 : Il est facile de modifier les configurations LoRaWAN, telles que la classe du dispositif et le mode de connexion réseau, à l'aide du compilateur ARM Keil Mbed en ligne. (Source de l'image : Digi)

Lorsque la passerelle est opérationnelle, le shield client/la carte de développement se connecte au réseau et commence à envoyer des liaisons montantes toutes les 15 secondes (en mode par défaut). Sur la page du compte X-ON, si l'on appuie sur le bouton « Stream », les données transmises par le dispositif s'affichent à l'écran.

Conclusion

Pour les concepteurs de réseaux d'actionneurs et de détection IoT, LoRaWAN offre un accès RF sans licence, une portée de plusieurs dizaines de kilomètres, une faible consommation d'énergie, une bonne sécurité et une bonne évolutivité, ainsi qu'une connectivité robuste. Cependant, comme pour de nombreux protocoles sans fil IoT, il peut être difficile de gérer la connectivité des dispositifs d'extrémité, le provisionnement, les passerelles et le flux des données de capteurs vers le cloud.

Comme illustré, le kit de démarrage Digi LoRaWAN répond à bon nombre de ces problèmes. Il inclut un shield client avec une API ARM Keil Mbed C++ simplifiée embarquée, une passerelle LoRaWAN avec backhaul Ethernet et une plateforme dispositif-à-cloud X-ON avec provisionnement mobile scan-and-go. Grâce au kit de démarrage, un développeur peut rapidement être opérationnel avec un prototype matériel LoRaWAN, développer et porter le code d'application des capteurs et des actionneurs, et analyser et présenter les données en utilisant la plateforme cloud.