



LoRa et LoRaWan

De la théorie à la pratique

Olivier DEBAUCHE ([ON8CJ](#))

Version 1.0 (Décembre 2017)



Sommaire

- L'Internet des objets
- Objets connectés
- Communication
- LoRa et LoRaWan
- Construire soi-même
- Acheter tout fait
- Conclusion

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTES

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LORA & LORAWAN

- MODULATION LORA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LORA
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Internet des objets

Qu'est ce que l'Internet des objets?

- Définition de l'Union internationale des télécommunications:

« infrastructure mondiale pour la société de l'information, qui permet de disposer de services évolués en interconnectant des objets (physiques ou virtuels) grâce aux technologies de l'information et de la communication interopérables existantes ou en évolution »

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTES

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LORA & LORAWAN

- MODULATION LORA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LORA
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Internet des objets

Qu'est ce que l'Internet des objets?

- *« Un réseau de réseaux qui permet, via des systèmes d'identification électronique normalisés et unifiés, et des dispositifs mobiles sans fil, d'identifier directement et sans ambiguïté des entités numériques et des objets physiques et ainsi de pouvoir récupérer, stocker, transférer et traiter, sans discontinuité entre les mondes physiques et virtuels, les données s'y rattachant »*

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTES

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LoRA & LoRAWAN

- MODULATION LoRA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRA
- Nœuds

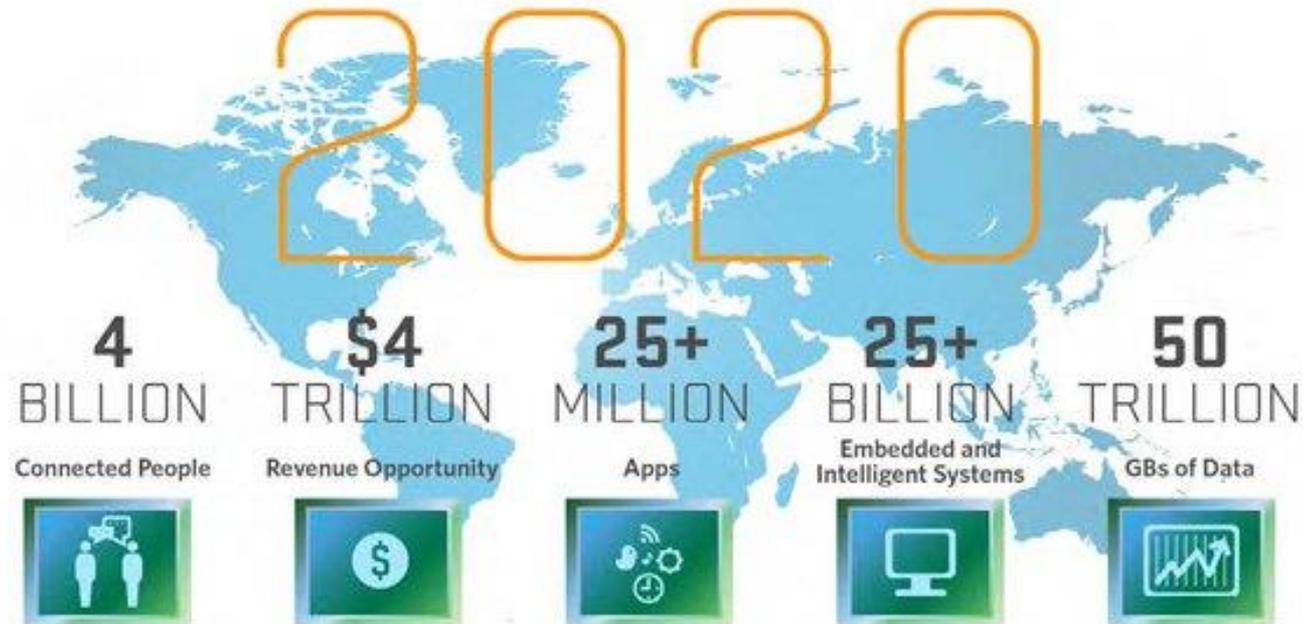
- THE THINGS UNO
- LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Internet des objets



Source: Mario Morales, IDC

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LORA & LORAWAN

- MODULATION LORA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LORA
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Internet des objets

Internet des machines vs des objets?

- Internet des machines:
 - Transit de grandes quantités de données à haut débit
- Internet des objets:
 - Dynamique
 - Distribué
 - Faible débit
 - Grande quantité d'objets hétérogène

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LORA & LORAWAN

- MODULATION LORA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LORA
- NŒUDS

- THE THINGS UNO
- LA FAMILLE PY

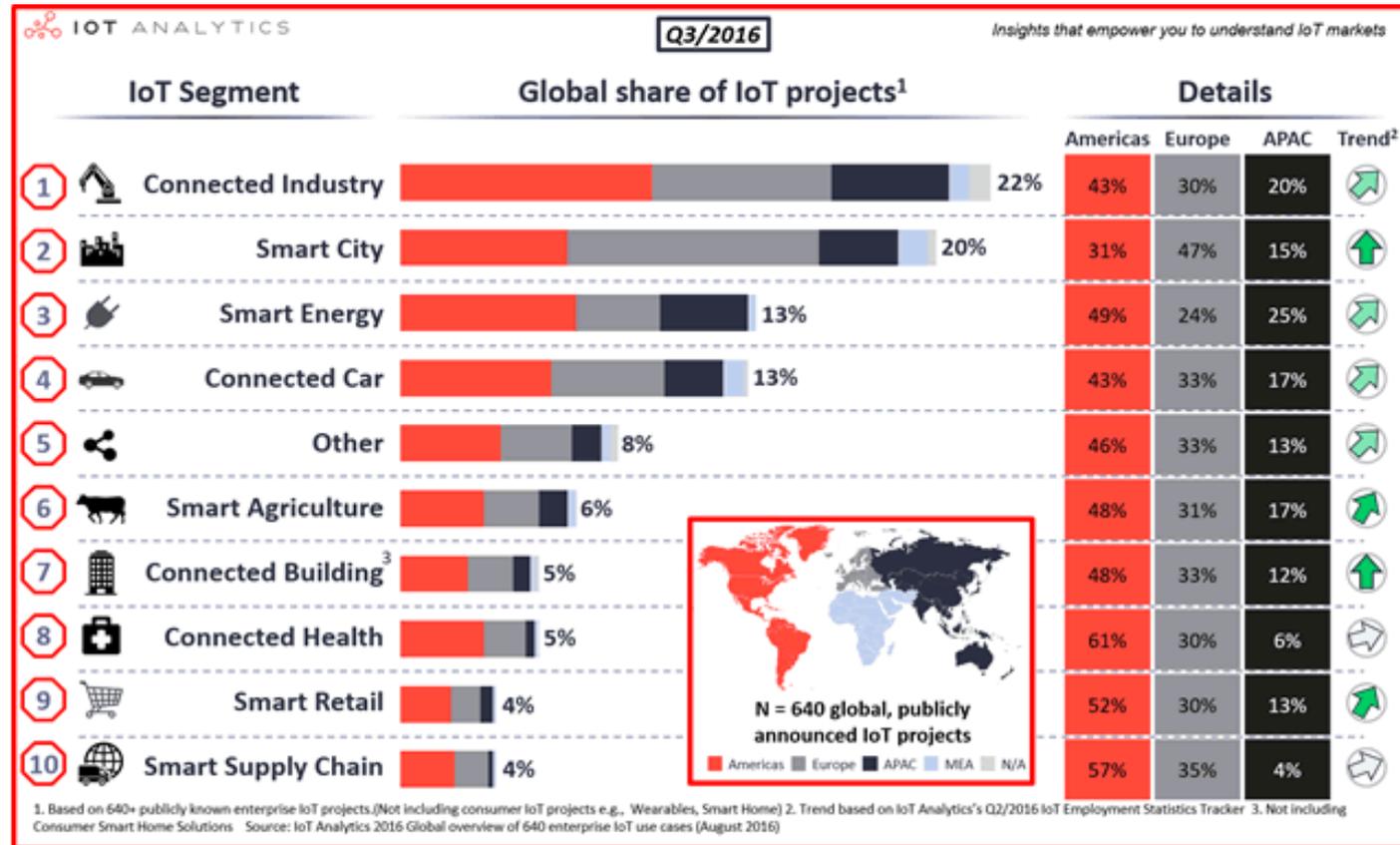
CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Internet des objets

Utilisation



INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LoRA & LoRAWAN

- MODULATION LoRA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRA
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Objets connectés

Caractéristiques

- Périphériques de petite taille hétérogène
- Largement distribués
- Capacité de stockage limitée
- Capacité de traitement limitée
- Identifié de manière unique
- Pourvu de capacité de communication
- Peuvent être dynamique et auto configurable
- Supporte des protocoles de communication interopérables
- Alimenté sur batterie ou par panneau solaire
- Producteur, consommateur de données ou le deux

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- **SENSEURS**
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LORA & LORAWAN

- MODULATION LORA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LORA
- NŒUDS

- THE THINGS UNO
- LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Objets connectés

Senseurs environnementaux



CAPTEUR DE FLAMME



PRESSION/ALTITUDE



CAPTEUR DE SON



THERMOMÈTRE INFRAROUGE



CAPTEUR LUMIÈRE RGB



CELLULE PHOTOÉLECTRIQUE

Source: <http://www.lafabriquediy.com/tutoriel/liste-des-capteurs-229/>

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LORA & LORAWAN

- MODULATION LORA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LORA
- NŒUDS

- THE THINGS UNO
- LA FAMILLE PY

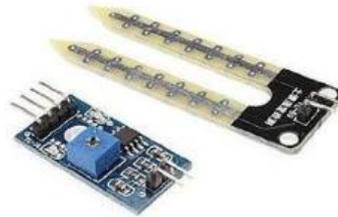
CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

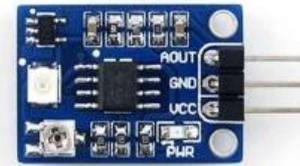
CONCLUSION

Objets connectés

Senseurs environnementaux



CAPTEUR D'HUMIDITÉ DES SOLS



CAPTEUR UV



CAPTEURS DE GAZ



THERMISTOR



CAPTEUR DE PLUIE



COMPTEUR GEGER

Source: <http://www.lafabriquediy.com/tutoriel/liste-des-capteurs-229/>

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- **SENSEURS**
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LORA & LORAWAN

- MODULATION LORA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LORA
- NŒUDS

- THE THINGS UNO
- LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

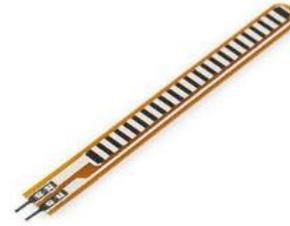
CONCLUSION

Objets connectés

Senseurs de mouvements



ACCÉLÉROMÈTRE



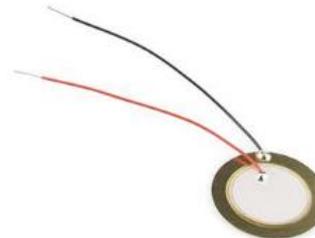
CAPTEUR DE FLEXION



CAPTEUR DE PETITES VIBRATIONS



DETECTEUR D'OBSTACLE



CAPTEUR PIÉZOÉLECTRIQUE



CAPTEUR DE MOUVEMENT PIR

Source: <http://www.lafabriquediy.com/tutoriel/liste-des-capteurs-229/>

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- **SENSEURS**
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LORA & LORAWAN

- MODULATION LORA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LORA
- NŒUDS

- THE THINGS UNO
- LA FAMILLE PY

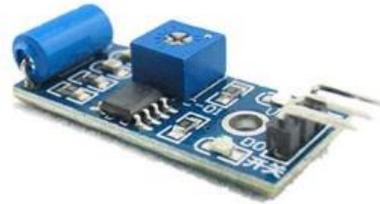
CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

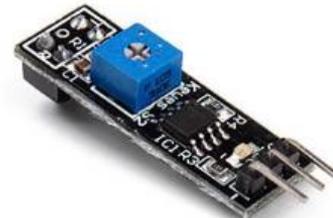
CONCLUSION

Objets connectés

Senseurs de mouvements



CAPTEUR TILT



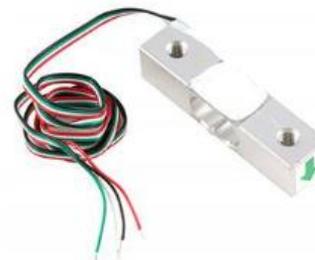
CAPTEUR IR "SUIVEUR DE LIGNE"



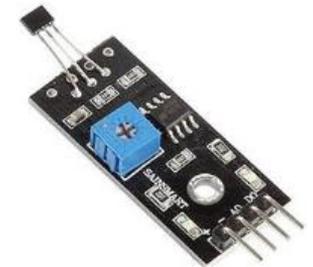
CAPTEUR ULTRASON



CAPTEUR D'ANGLE



CELLULE DE CHARGE



CAPTEUR EFFET HALL

Source: <http://www.lafabriquediy.com/tutoriel/liste-des-capteurs-229/>

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LORA & LORAWAN

- MODULATION LORA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LORA
- NŒUDS

- THE THINGS UNO
- LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Objets connectés

Senseurs d'interactions humaines



CAMÉRA THERMIQUE



CAMÉRA INFRAROUGE



LECTEUR RFID



LECTEUR EMPREINTE DIGITALE



CAPTEUR DE PULSATIONS



CAPTEUR COURANT MUSCULAIRE

Source: <http://www.lafabriquediy.com/tutoriel/liste-des-capteurs-229/>

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- **SENSEURS**
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LORA & LORAWAN

- MODULATION LORA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LORA
- NŒUDS

- THE THINGS UNO
- LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Objets connectés

Senseurs d'interactions humaines



CAPTEUR CAPACITIF



JOYSTICK



ECRAN TACTILE



CONTACT MAGNETIQUE



BOUTON POUSSOIR



DEBITMETRE

Source: <http://www.lafabriquediy.com/tutoriel/liste-des-capteurs-229/>

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- **EFFECTEURS**

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LORA & LORAWAN

- MODULATION LORA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LORA
- NŒUDS

- THE THINGS UNO
- LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Objets connectés

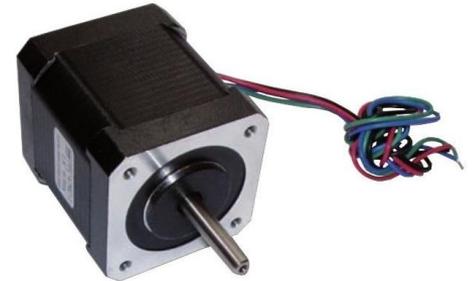
Effecteurs



SOLENOIDE



POMPE PERISTALTIQUE



MOTEUR PAS A PAS



RELAIS



AFFICHEUR



ELECTROVANNE

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

■ PANORAMA

- 3GPP
- LPWA(N)

LORA & LORAWAN

- MODULATION LORA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LORA
- NŒUDS

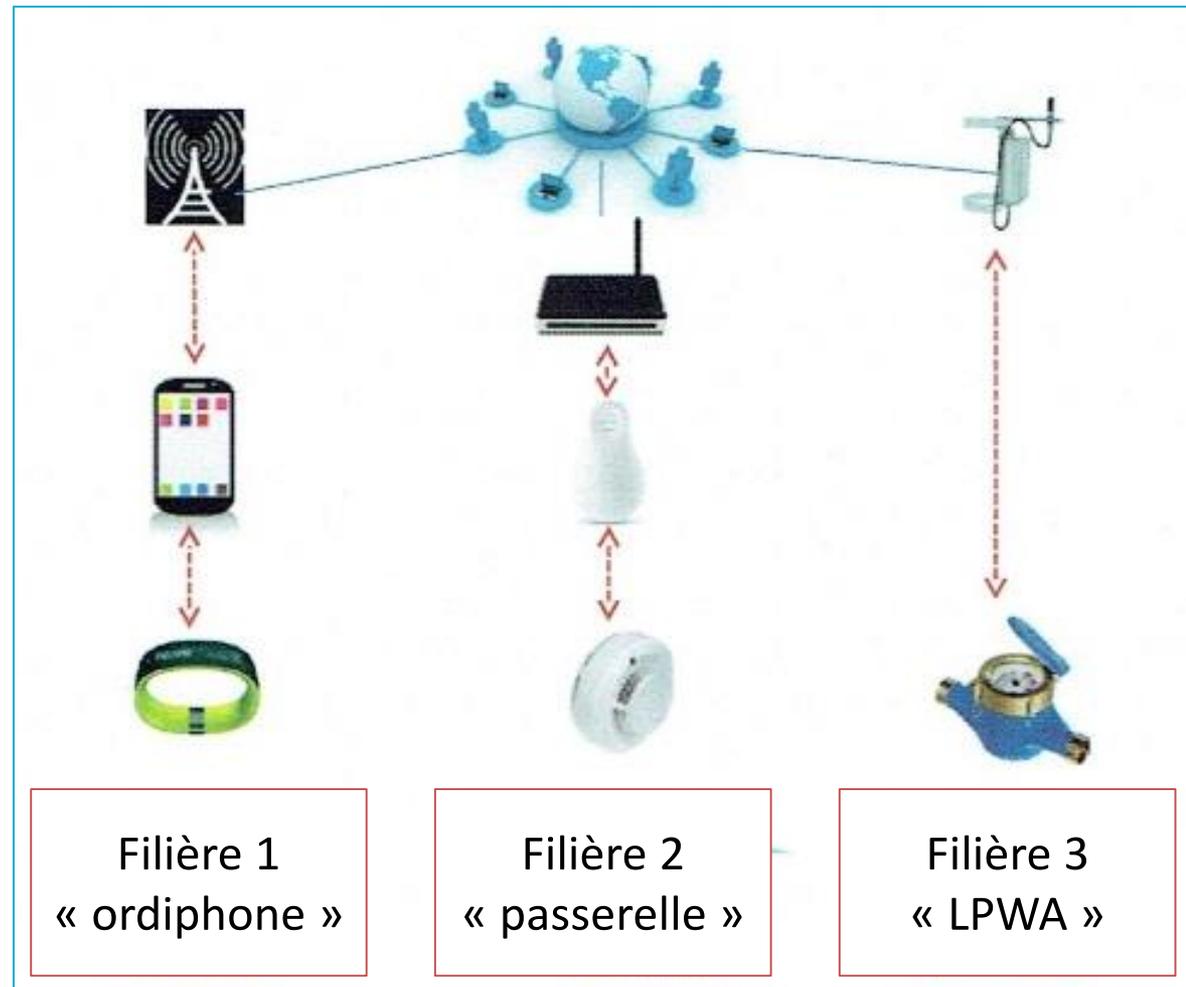
- THE THINGS UNO
- LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Communication



Source: Elektormagazine.fr – Janvier / Février – p 15

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

▪ PANORAMA

- 3GPP
- LPWA(N)

LORA & LORAWAN

- MODULATION LORA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LORA
- NŒUDS

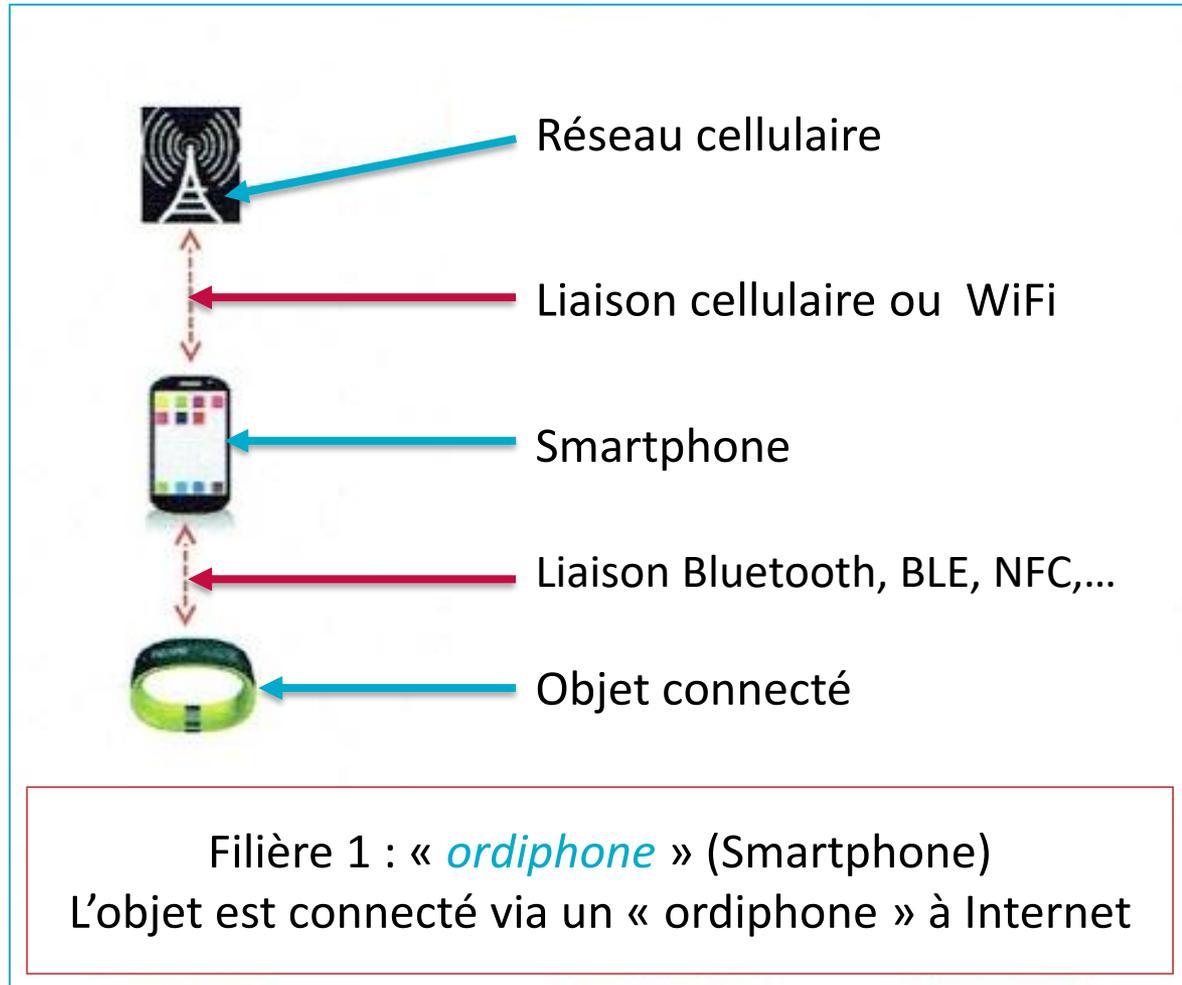
- THE THINGS UNO
- LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Communication



Source: Elektormagazine.fr – Janvier / Février – p 15

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LoRA & LoRAWAN

- MODULATION LoRA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRA
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Communication



Avantages

- Facilité
- Faible consommation
- Très bas coût

Inconvénients

- Nécessite un « ordiphone »
- Tributaire de la connectivité de l'ordiphone

Source: Elektormagazine.fr – Janvier / Février – p 15

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LORA & LORAWAN

- MODULATION LORA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LORA
- NŒUDS

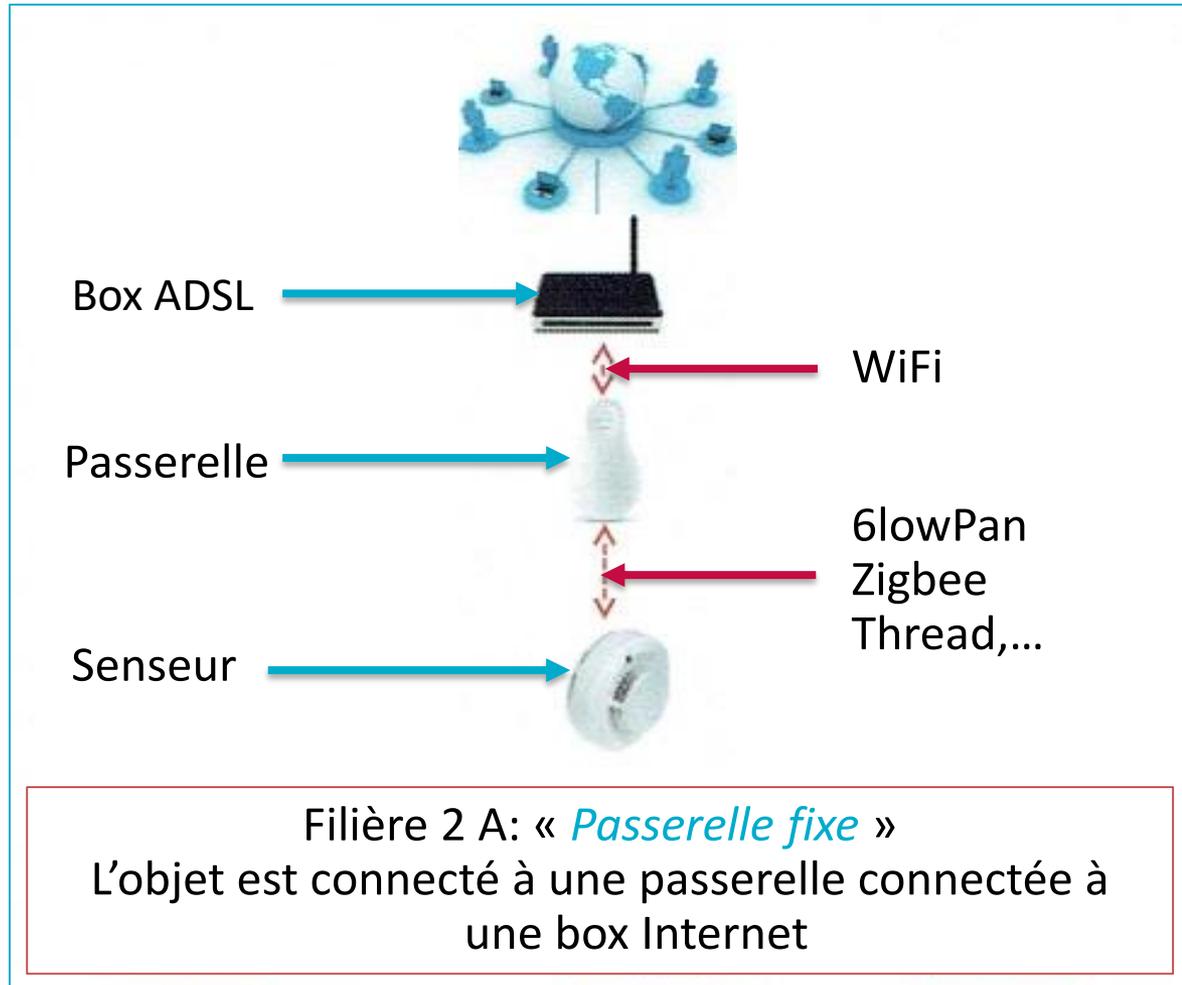
- THE THINGS UNO
- LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Communication



Source: Elektormagazine.fr – Janvier / Février – p 15

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LORA & LORAWAN

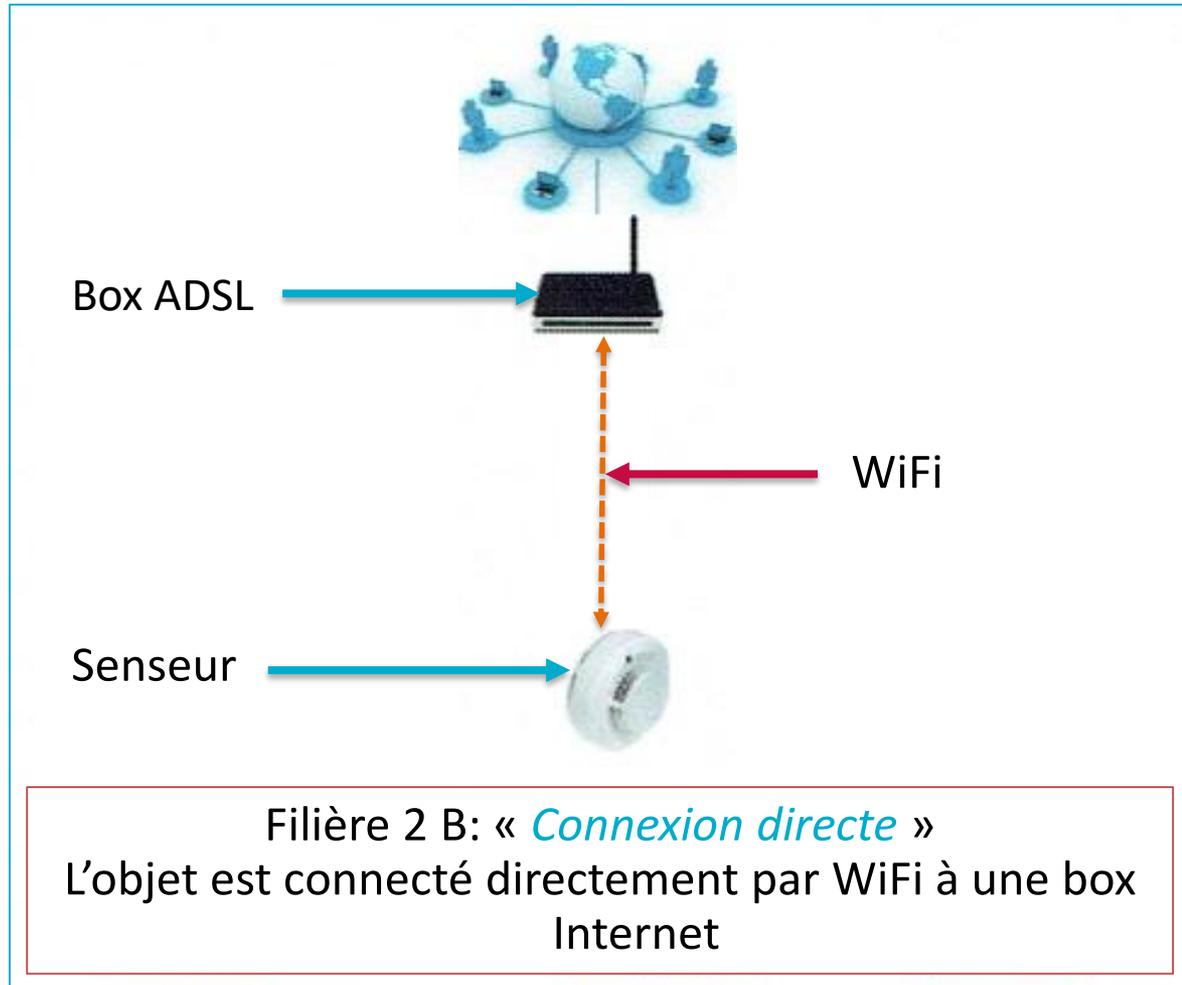
- MODULATION LORA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LORA
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Communication



Source: Elektormagazine.fr – Janvier / Février – p 15

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LoRA & LoRAWAN

- MODULATION LoRA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRA
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Communication

Avantages

- Très bas coûts



Inconvénients

- Difficulté d'installer une passerelle fixe
- Portée faible des passerelles

Source: Elektormagazine.fr – Janvier / Février – p 15

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LORA & LORAWAN

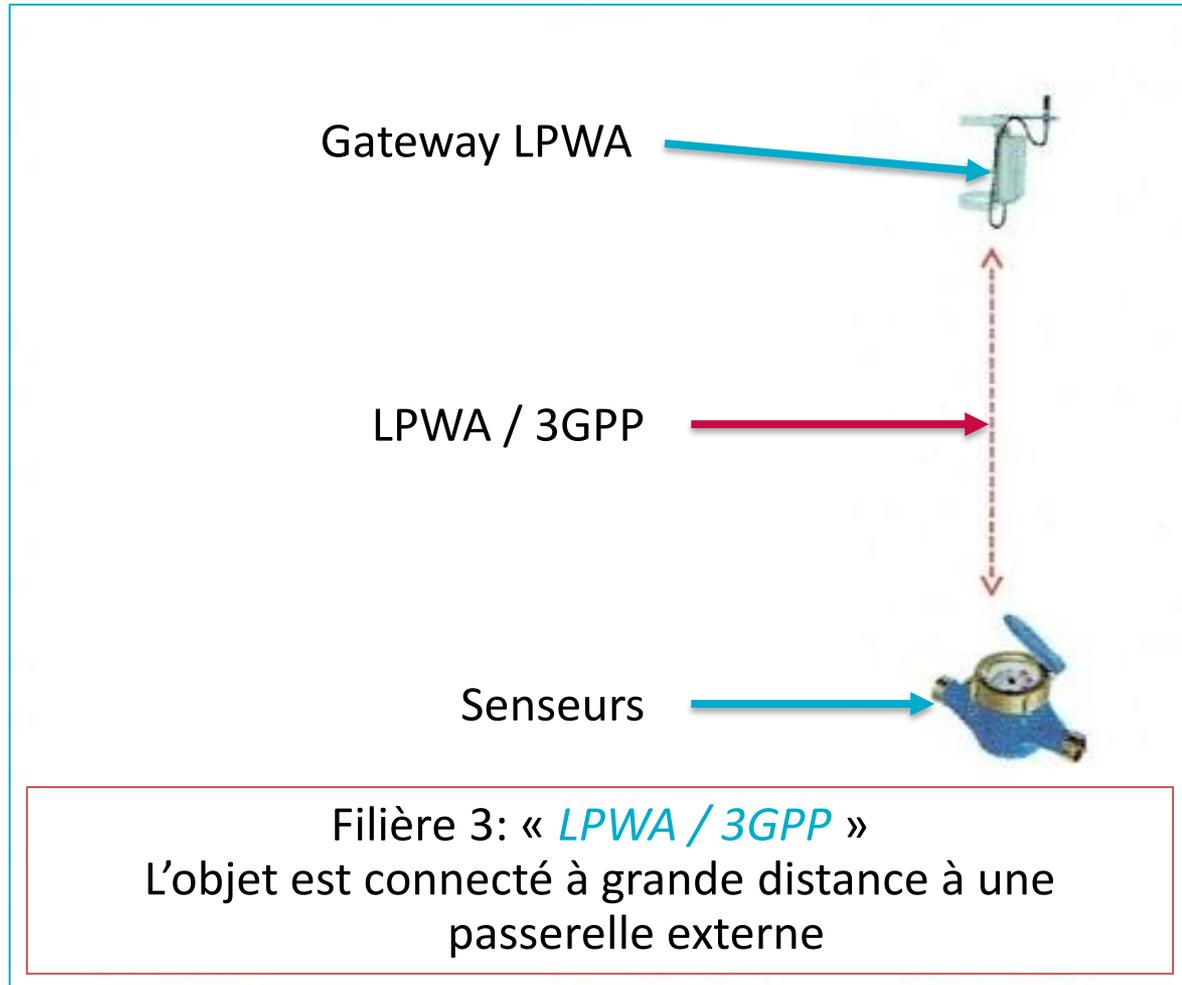
- MODULATION LORA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LORA
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Communication



Source: Elektormagazine.fr – Janvier / Février – p 15

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

▪ PANORAMA

- 3GPP
- LPWA(N)

LoRA & LoRAWAN

- MODULATION LoRA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRA
- NŒUDS

- THE THINGS UNO

- LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Communication

Avantages

- Très bas coûts
- Peu énergivore
- 1 passerelle couvre plusieurs km

Inconvénients

- Débits faibles



Source: Elektormagazine.fr – Janvier / Février – p 15

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LORA & LORAWAN

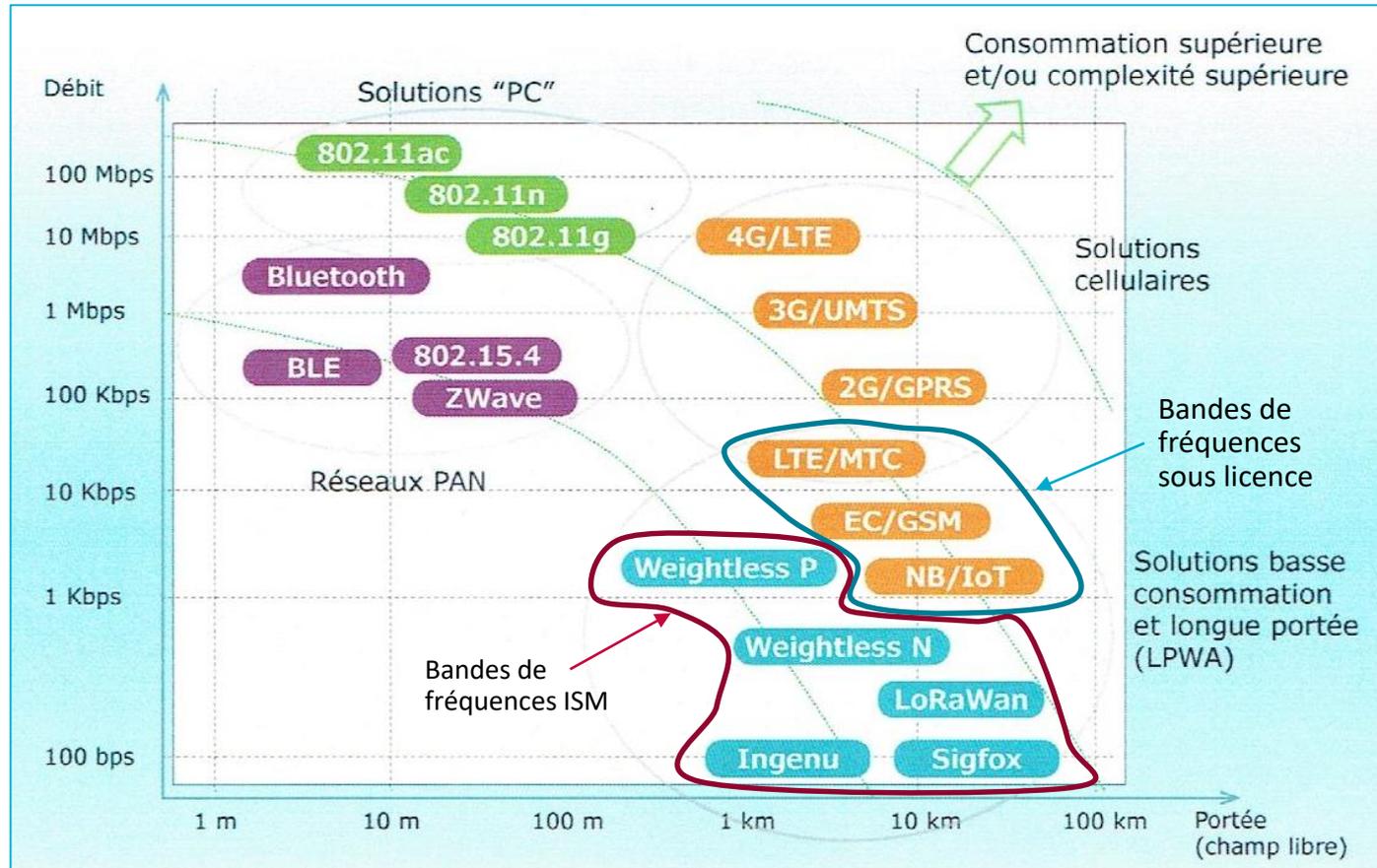
- MODULATION LORA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LORA
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Communication



Source: Elektormagazine.fr – Janvier / Février – p 16

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

▪ PANORAMA

- 3GPP
- LPWA(N)

LORA & LORAWAN

- MODULATION LORA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LORA
- NŒUDS

- THE THINGS UNO
- LA FAMILLE PY

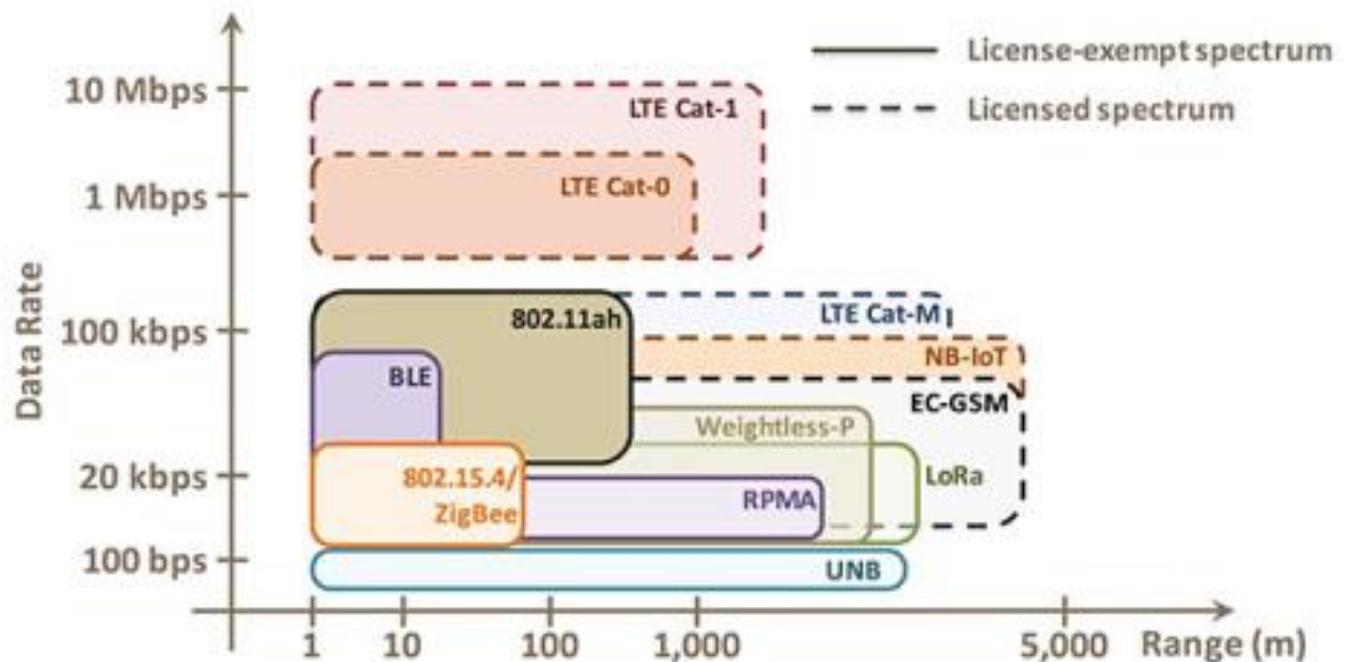
CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Communication

Spectre sous licence ou pas?



Source: <https://iotdb.org/social/imadeit/tagged/SIGFOX/page/2>

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LoRA & LoRAWAN

- MODULATION LoRA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRA
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Communication

Challenges

- Réduire le débit de la liaison radio
- Augmenter la portée
- Supporter un grand nombre de nœuds
- Facilité de déploiement
- Faible consommation énergétique
- Technologie à faible coût

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LoRA & LoRAWAN

- MODULATION LoRA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRA
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Communication

LTE/MTC

- Facile à déployer
- Faible consommation
- Interopérable
- Débit jusqu'à 1 Mbps
- Couverture jusqu'à 11 km
- Mais utilise une bande de fréquence sous licence (700 – 900 Mhz)

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LoRA & LoRaWAN

- MODULATION LoRA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRA
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Communication

NB/IoT

- Amélioration du LTE-M
- Réduction de la bande passante nécessaire à 200 Khz
- Utilise des bandes de fréquences ultra étroites (Ultra Narrow Band)
- La couverture est d'environ 11 km
- Le débit atteint environ 150 Kbps
- Utilise moins de ressources processeur et mémoire que le LTE-M
- Meilleure couverture que le LTE-M

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LoRA & LoRAWAN

- MODULATION LoRA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRA
- NŒUDS

- THE THINGS UNO
- LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Communication

EC/GSM

- Basé sur la technologie Low Power Wide Area (grande couverture, faible débit)
- Créé pour gérer une grande capacité et avoir une faible complexité
- Couverture 15 km
- Débit environ 10 kbps
- Utilise les bandes de fréquence sous licence de (800 à 900 Mhz)
- Bande passante de 2,4Mhz ou partagée

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LORA & LORAWAN

- MODULATION LORA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LORA
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Communication

Weightless

- Technologie à faible coût
- Débit jusque 10 Mbps
- Payload 200 bytes
- Sécurité assurée par cryptage AES
- Portée environ 13 km
- Trois variantes:
 - Weightless-N: débit jusque 10 Mbps
 - Weightless-P: débit jusque 100 Kbps
 - Weightless-W: débit jusque 200 Kbps
- Fonctionne dans des environnements où les interférences causées par d'autres technologies ne peuvent être prédites et doivent être évitées ou surmontées

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LoRa
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRa
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Communication

Weightless

	Weightless-N	Weightless-P	Weightless-W
Directivité	Unidirectionnel	Bidirectionnel	Bidirectionnel
Propagation	> 5 km	> 2 km	> 5 km
Durée de vie de la batterie	10 ans	3 à 8 ans	3 à 5 ans
Coût des nœuds	Très faible	Faible	Faible-moyen
Coût du réseau	Très faible	Moyen	Moyen
Débit de données	Jusque 10 Mbps	Jusque 100 kbps	Jusque 200 kbps

Source: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Regional-Presence/AsiaPacific/SiteAssets/Pages/Events/2016/Dec-2016-IoT/IoTtraining/IoT%20network%20planning%20ST%2015122016.pdf>

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP

LPWA(N)

LoRA & LoRAWAN

- MODULATION LoRA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRA
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Communication

Autre: Ingenu

- Pas un LPWA mais un RPMA (Random Phase Multiple Access)
- Utilise la bande des 2,4 Ghz (habituellement utilisée par le Wi-Fi)
- Une gateway couvre 18km
- Faible puissance
- Large bande
- Exclusivement utilisé pour les communication Machine vers Machine (M2M)
- Actuellement unique disponible aux états unis

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LoRA & LoRAWAN

- MODULATION LoRA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRA
 - NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Communication

Sigfox

- Startup française fondée en 2009 (Toulouse)
- Protocole bidirectionnelle et une offre de service
- Débit (Data rate): 100 bits/s
- Portée 30 à 40 km (antenne de 2 m)
- 140 messages de 12 octets (*bytes*) par jour reçus du périphérique (*offre Platinum*)
- 4 messages par jour envoyés au périphérique
- ISM : 868 Mhz en Europe, 902 Mhz US/FCC
- Durée de transmission (30s /h) soit en 6 messages maximum par heure.

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LoRA & LoRAWAN

- MODULATION LoRA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRA
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Communication

Sigfox

- Chaque nœud (*device*) est identifié par un ID Sigfox unique. Tous les messages transmis sont signés avec cet ID.
- Mode de transmission *fire and forget*:
 - 3 transmissions du même message sur 3 canaux différents
 - Pas d'acquittement des transmissions.
 - Le modem du nœud choisit les fréquences de transmission
 - Le nœud choisit la fréquence de réception en fonction de la fréquence utilisée pour la dernière transmission.
- Coût de < 1€ à 7 € htva/nœud/an
- Commercialisé en Belgique par Engie

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LORA & LORAWAN

- MODULATION LORA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LORA
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Communication

Sigfox : cas d'utilisation

- Monitoring de la production d'énergie renouvelable
- Mesure de la consommation d'eau
- Maintenance industrielle prédictive
- Monitoring de la satisfaction client
- Monitoring de la qualité de l'air
- Gestion de l'éclairage urbain
- Stations météo
- Gestion des cultures agricoles
- Ruches connectées
- Irrigation connectée

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LoRa
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRa
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Communication

LoRa

- Longue portée (2 – 15 km)
- Robuste au bruit
- Taille des messages
- Faible consommation
- Débit adaptatif
- Communication bi directionnelle
- Fonctionne en mobilité rapide
- Supporte la géolocalisation
- Echanges de données sécurisés

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP

LPWA(N)

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LoRa
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRa
- Nœuds
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Communication

LoRa définit trois classes

■ Classe A

- Objets sur pile ou batterie autonome et programmé pour envoyé des informations vers le réseau.
- Envoi asynchrone et réception optionnelle après un envoi de données. L'objet reste à l'écoute après l'émission pour une durée déterminée.
- **Utilisation:** Objet autonome programmé pour envoyer des informations.
- **Exemple:** Une sonde d'humidité programmée pour envoyer une données toutes les 2h, pourra aussi émettre une donnée si un écart d'humidité important survient (> 5%)

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LoRa
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRa
- Nœuds
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Communication

LoRa définit trois classes

■ Classe B

- Objets sur pile ou batterie. Envoi et réception de données synchronisés par des balises.
- A intervalle régulier, le périphérique sort de veille à l'écoute, puis se rendort.
- **Utilisation:** Objet autonome et programmé pour envoyer des informations mais peut être programmé pour écouter.
- **Exemple:** Ordre de fonctionnement à heure fixe d'une pompe d'irrigation, pour maintenir l'humidité du sol.

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LoRa
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRa
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Communication

LoRa définit trois classes

■ Classe C

- Objets alimentés. Envoi et réception de données asynchrones.
- Réagit immédiatement à une demande venant du réseau.
- **Utilisation:** Communication quasi temps réel pour un pilotage continu de l'objet.
- **Exemple:** La gestion de l'éclairage public dans une Smart City pourrait être contrôlée par les usagers à l'aide de leurs smartphones et de la géolocalisation.

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LoRa
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRa
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Communication

LoRa – cas d'utilisation (use case)

- Smart Metering: compteurs intelligents (**zones indoor et indoor profond**)
- Suivi et localisation d'objets, chaînes logistique (entrepôts connectés) (**géolocalisation précise**)
- Services d'urgence et de sécurité: capteurs d'intrusions, détecteurs incendie, détecteur de chute de personnel (**bidirectionnalité**)
- Optimisation des tournées : collecte des bennes à ordures, poubelles, boîtes aux lettres (**objets autonomes sur pile**)

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LoRa
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRa
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Communication

LoRa – cas d'utilisation (use case)

- Bâtiments intelligents (*Smart Energy*): effacement énergétique et déplacement de consommation par gestion proactive de l'offre et de la demande énergétique (*bidirectionnalité*)
- Villes intelligentes (*Smart Cities*) : surveillance et contrôle de consommation, emplacements de parking, transports en communs, ... (*toutes les spécificités du LoRa*)
- Industries connectées : contrôle d'équipements et d'infrastructures (*bidirectionnalité et géolocalisation*)

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LoRa
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRa
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Communication

LoRa – cas d'utilisation (use case)

- Système d'alarmes et de transmission d'alerte sécurisée : diminution de l'impact des brouilleurs et du sectionnement des câbles de communication (**sécurité**)
- Service backhaul LoRa pour interconnexion au système informatique en entreprise: moins cher que les connexions filaires et autre technologies radio (**bas coûts**)

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LoRa
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRa
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Communication

LoRa – cas d'utilisation (use case)

- Bâtiments intelligents (*Smart Energy*): effacement énergétique et déplacement de consommation par gestion proactive de l'offre et de la demande énergétique (*bidirectionnalité*)
- Villes intelligentes (*Smart Cities*) : surveillance et contrôle de consommation, emplacements de parking, transports en communs, ... (*toutes les spécificités du LoRa*)
- Industries connectées : contrôle d'équipements et d'infrastructures (*bidirectionnalité et géolocalisation*)

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LoRa
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRa
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Communication

Comparaison Sigfox - LoRa

- LoRa nécessite plus de passerelles (*gateway*) que Sigfox pour obtenir la même capacité de communication.
- L'information utile (*Payload*) peut atteindre 242 octets (*bytes*) pour LoRa et est limitée à 12 octets pour Sigfox.
- La technologie LoRa a une meilleure pénétration dans les immeubles que Sigfox
- LoRa permet de faire du contrôle commande sur des équipements grâce aux échanges bidirectionnels

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LoRa
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRa
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Communication

Comparaison Sigfox - LoRa

- Le débit de données en LoRa est adaptable à l'environnement de l'objet.
- LoRa est tributaire des brevets de SemTech tandis que sigfox est propriétaire de sa propre technologie.
- L'immunité aux interférences est meilleure en LoRa grâce à l'étalement de spectre.
- LoRa permet la géolocalisation et supporte mieux la mobilité des nœuds.
- La durée de vie d'une batterie de 2000 mAh en LoRa est de 105 mois contre 90 mois pour Sigfox

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LORA & LORAWAN

- MODULATION LORA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LORA
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Communication

En résumé

Technologies	SIGFOX	LORA	Weightless	NB-IOT	LTE-M	EC-GSM	5G
Range	< 13 km	< 11 km	< 5 km	< 15 km	< 11 km	< 15 km	< 15 km
Spectrum	Unlicensed 868MHz 915MHz	Unlicensed 433MHz	W: 470-790MHz N:868 - 915 MHz P:169/433/470/780/868/915/923 MHz	Licensed 700-900 MHz	Licensed 700-900 MHz	Licensed 800-900 MHz	Licensed 700-900 MHz
bandwidth	100 kHz	< 500 kHz	W: 5MHz N: Sub-GHz P: 12,5 kHz	200 kHz or shared	1.4 MHz or shared	2.4 MHz or shared	Shared
Data Rate	< 100 kbps	<10 kbps	W: 1kbits/s to 10Mbits/s N: 500 bits/s P: 100Kbits to 200Kbits	< 150 kbps	< 1 Mbps	10 kbps	< 1 Mbps
Battery life	>10 years						
Availability	Today	Today	Today	2016 (standard)	2016 (standard)	2016 (standard)	Beyond 2020

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWA(N)

LORA & LORAWAN

- MODULATION LORA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LORA
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

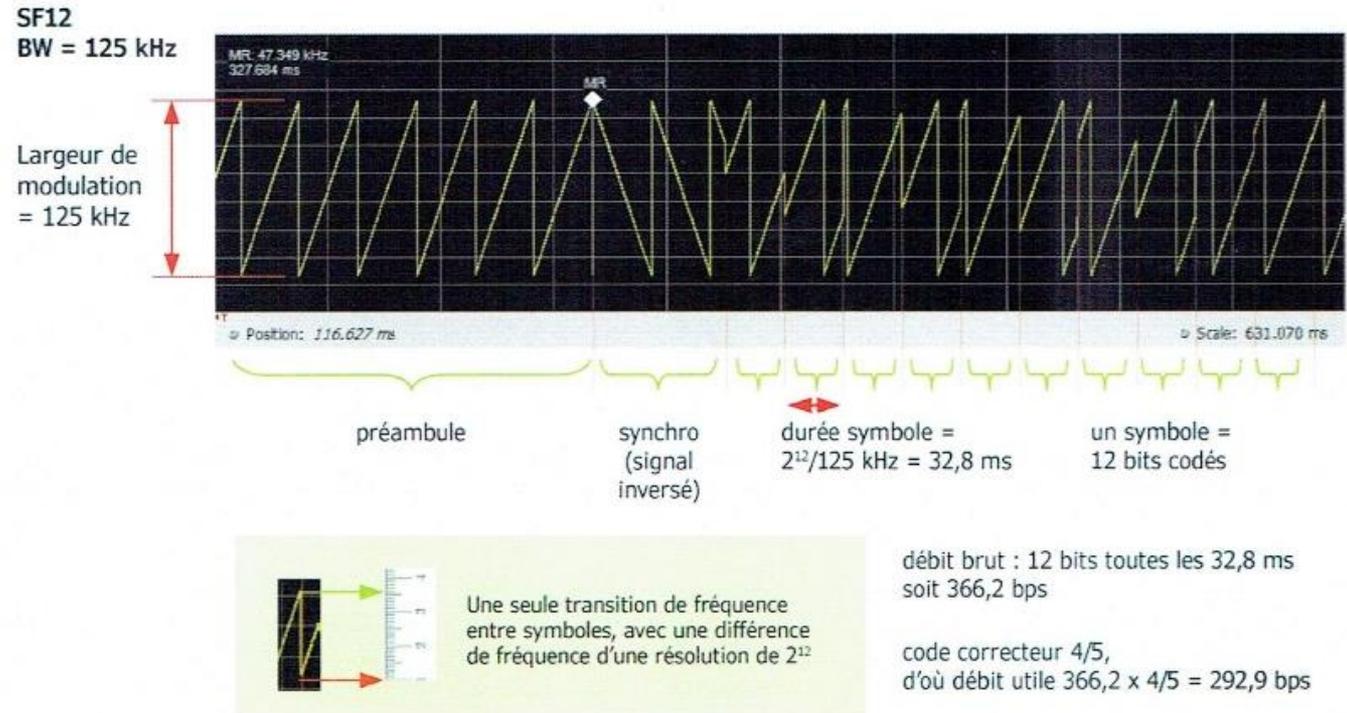
CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

LoRa & LoRaWan

Modulation



INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWAN

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LoRa
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRa
- NŒUDS

- THE THINGS UNO
- LA FAMILLE PY

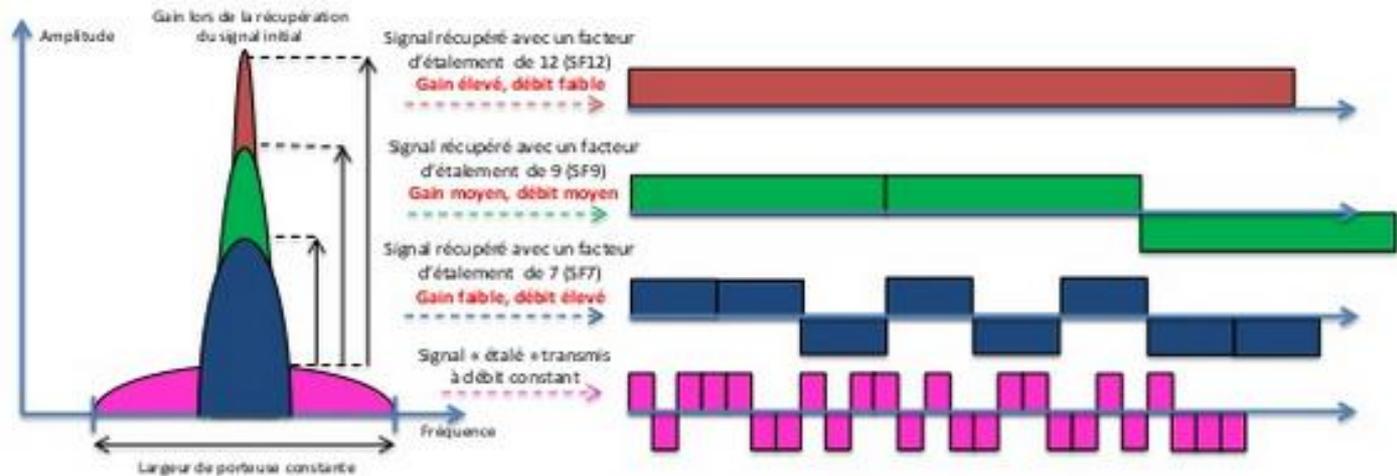
CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

LoRa & LoRaWAN

Spreading Factor



Principe: augmentation de la « robustesse » du signal par étalement du spectre

Objectif: Maintenir la connexion par diminution du débit utile lorsque l'on s'éloigne de la gateway. On augmente le débit utile quand on est proche de la gateway.

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWAN

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LORA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRa
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

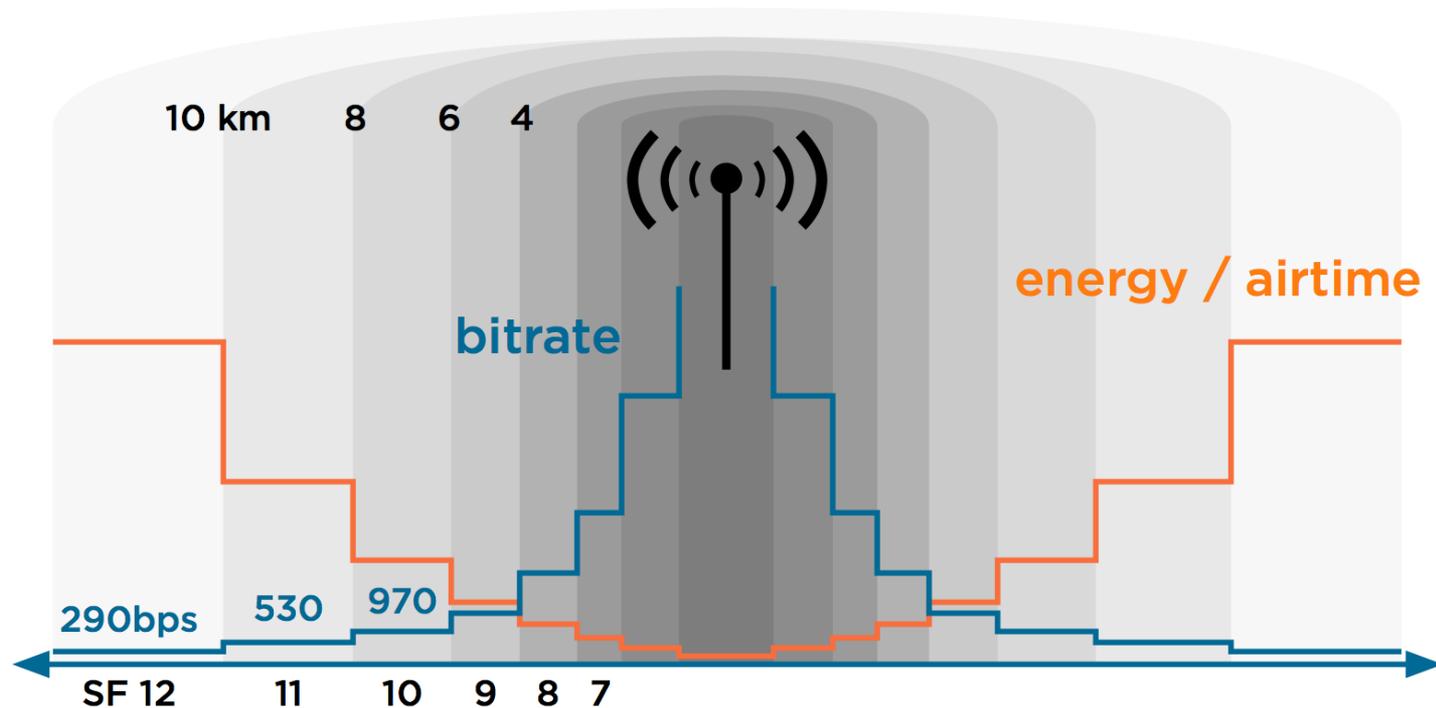
CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

LoRa & LoRaWAN

Choix du Spreading Factor



Signal transmis = données utiles x séquence d'étalement plus ou moins longue

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWAN

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LoRa
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRa
- Nœuds
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

LoRa & LoRaWAN

Le Spreading Factor influence

- La portée
- La pénétration en indoor (SNR)
- Le débit (Adaptative Data Rate)
- Le payload (Information utile)
- La consommation (time on air)
- La capacité

Le spreading factor est géré par le réseau
(*Network Server*)

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWAN

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LoRa
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRa
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

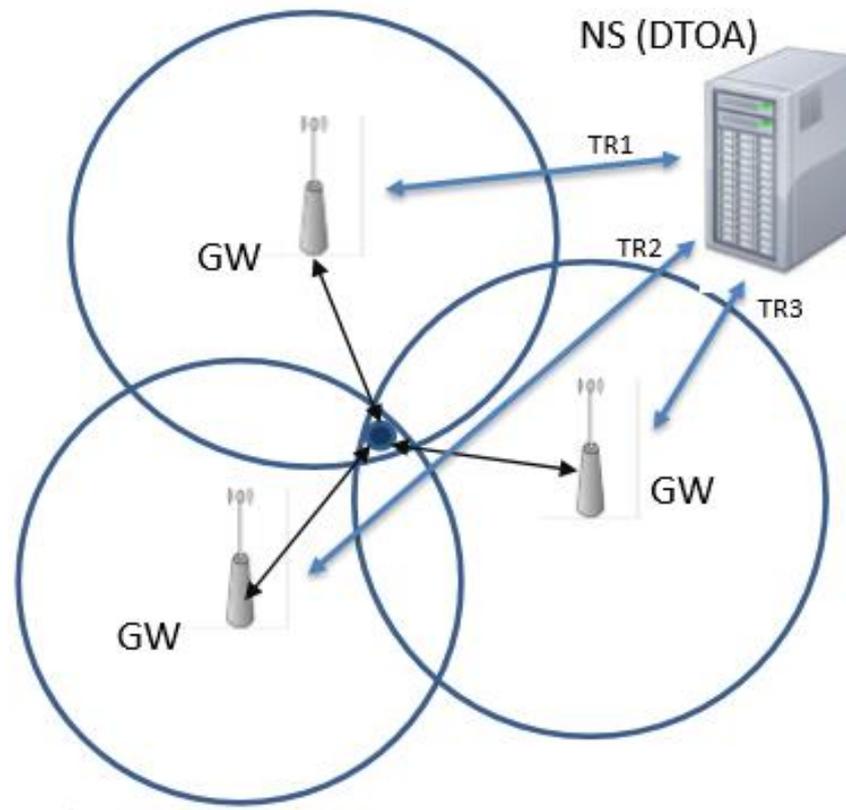
CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

LoRa & LoRaWAN

Géolocalisation



INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWAN

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LoRa
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRa
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

LoRa & LoRaWAN

Géolocalisation

- **20 à 30** mètres jusqu'à **200** mètres (outdoor)
- **30** mètres en indoor.
- Technologie DTOA (Differential Time Of Arrival)
- Le regroupement entre les 3 gateways permet au Network Server de calculer la position de l'objet.
- Pas de GPS dans l'objet = économies en matière de coût et de consommation électrique.

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWAN

LORA & LORAWAN

- MODULATION LORA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LORA
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

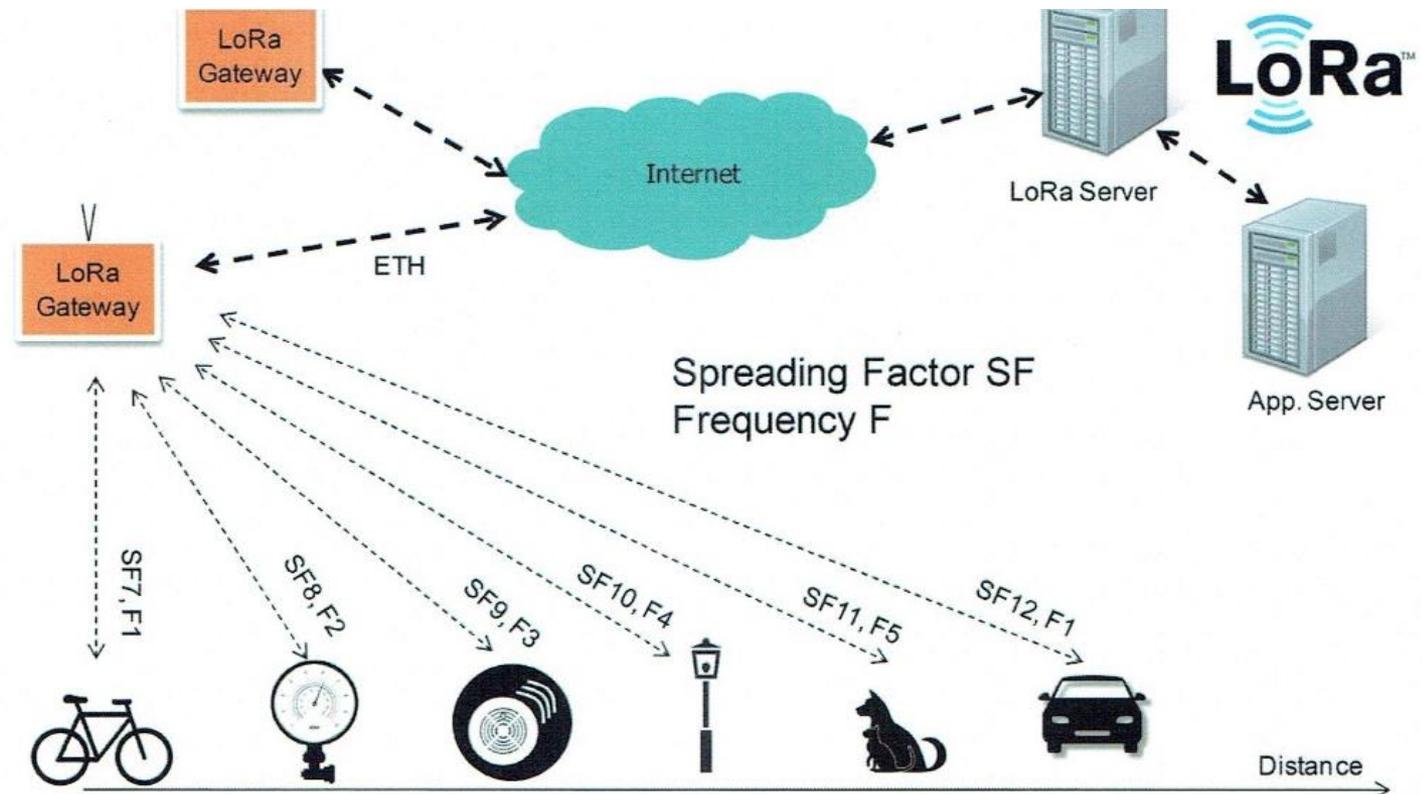
CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

LoRa & LoRaWan

Quel SF, F en fonction de la distance?



INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWAN

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LORA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LORA
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

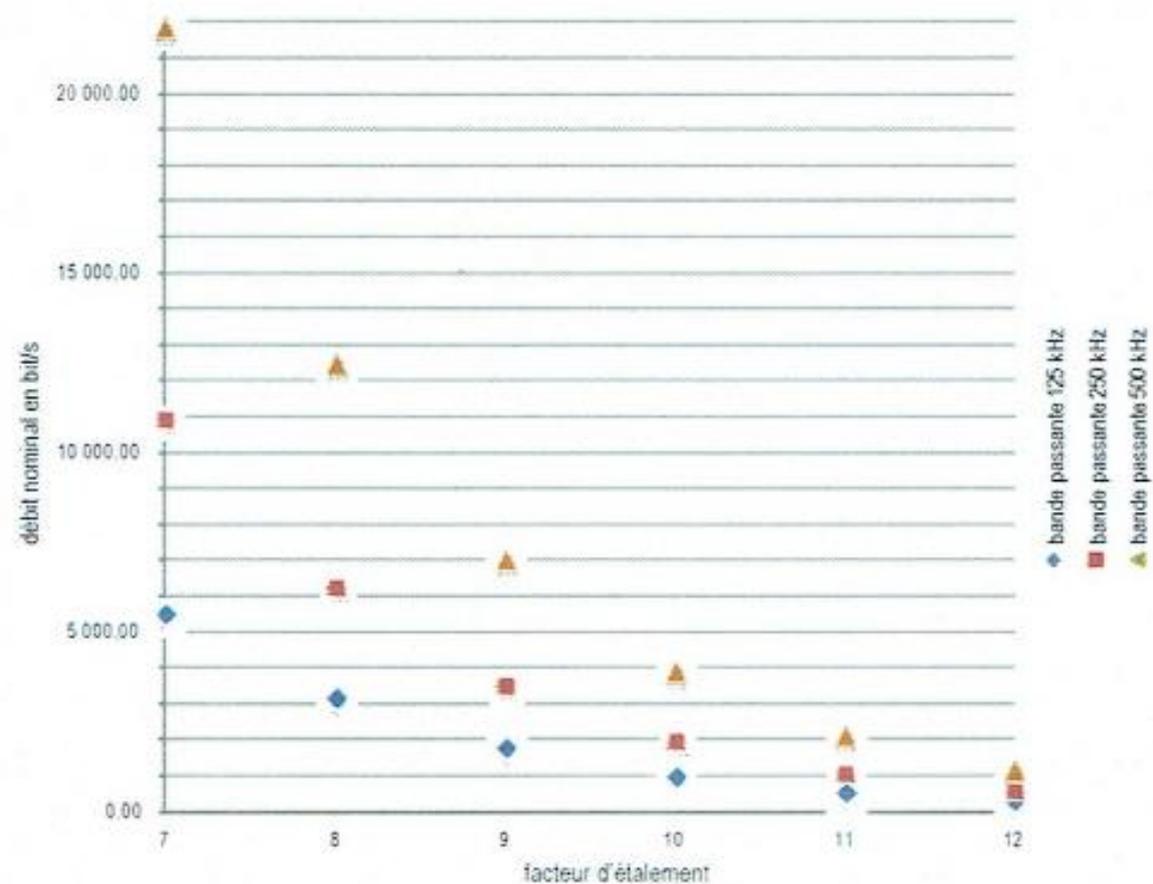
CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

LoRa & LoRaWAN

Rapport débit – SF



INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWAN

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LORA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LORA
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

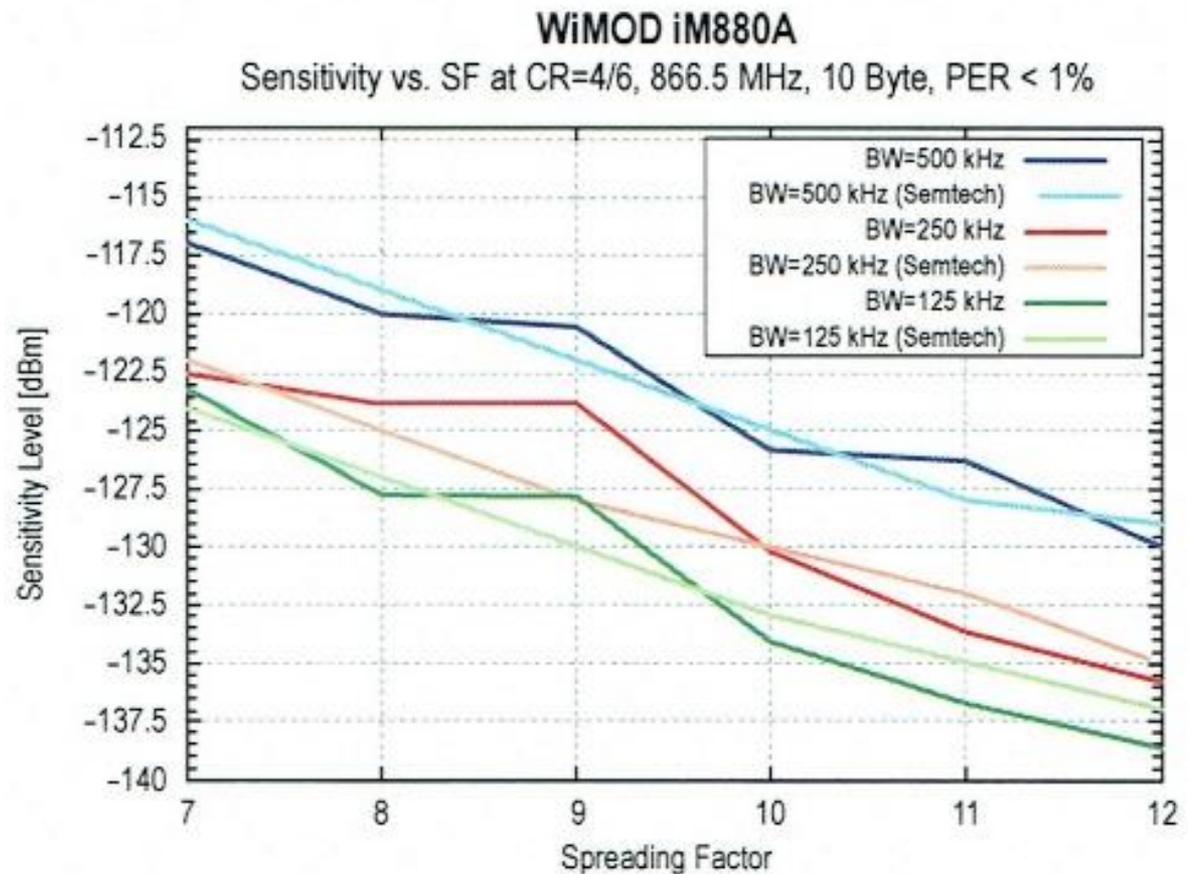
CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

LoRa & LoRaWAN

Rapport sensibilité – SF



INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWAN

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LoRa
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRa
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

LoRa & LoRaWAN

Réseau LoRa

■ Proximus

- Achat du kit développeur sur EnCo 499 € Htva (<https://market.enco.io/marketplace/asset/IoTDiscoveryBox>)
- Couverture nationale

■ The Things Network

- Accès gratuit
- Couverture assurée par les contributeurs
- Couverture partielle et tributaire de la disponibilité des gateways privées

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWAN

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LoRa
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRa
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

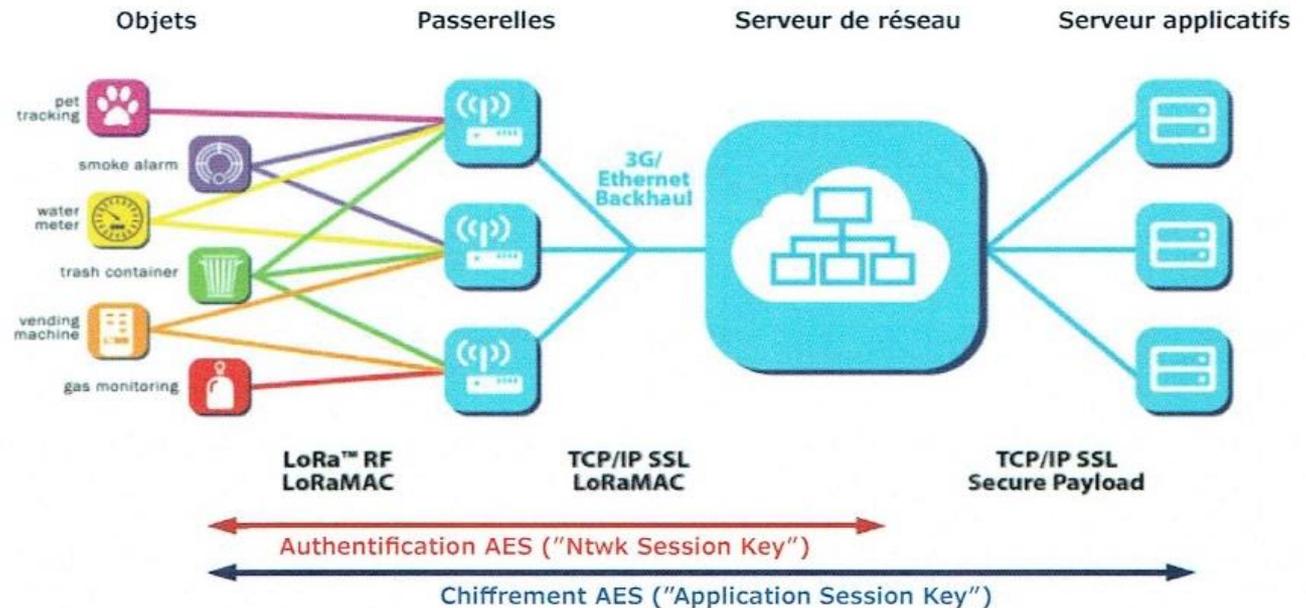
CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

LoRa & LoRaWAN

The Things Network



INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWAN

LORA & LORAWAN

- MODULATION LORA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LORA

NŒUDS

- THE THINGS UNO
- LA FAMILLE PY

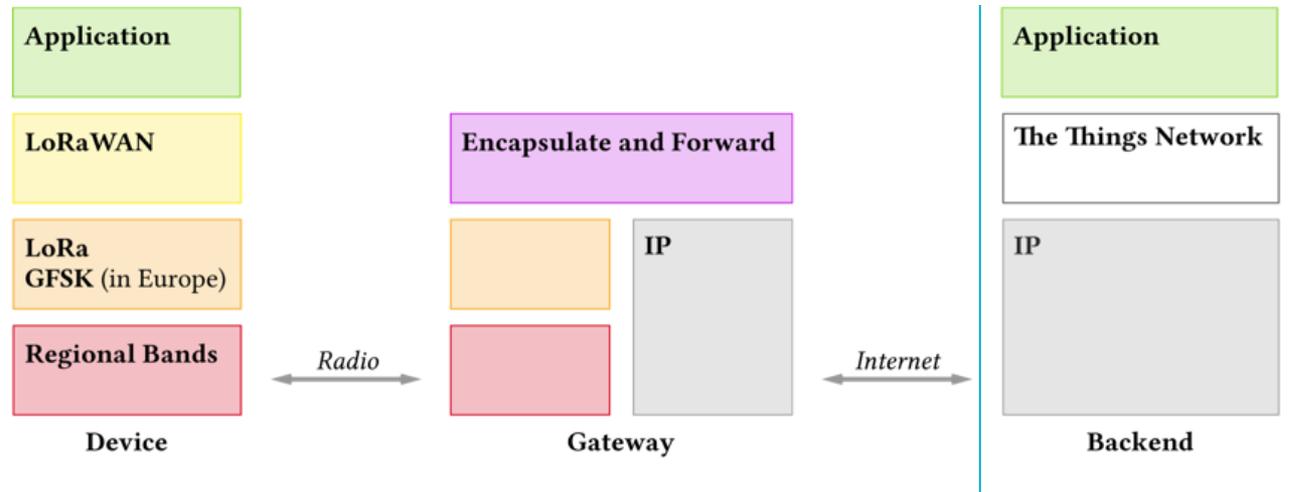
CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

LoRa & LoRaWan

Architecture



Un nœud



Une gateway



Le Backend

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWAN

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LoRa
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRa
- NŒUDS

- THE THINGS UNO
- LA FAMILLE PY

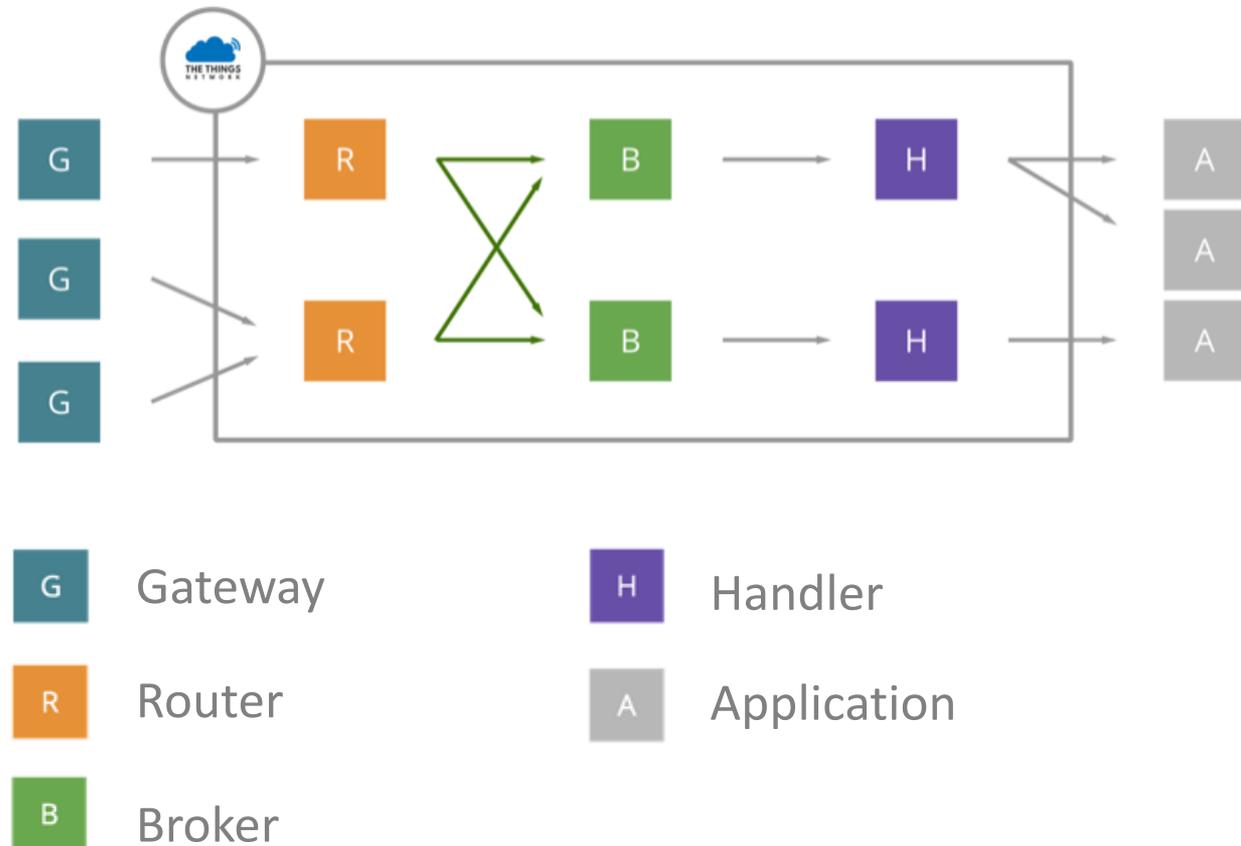
CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

LoRa & LoRaWAN

The Things Network: réseau public



INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWAN

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LoRa
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRa
- Nœuds

- THE THINGS UNO
- LA FAMILLE PY

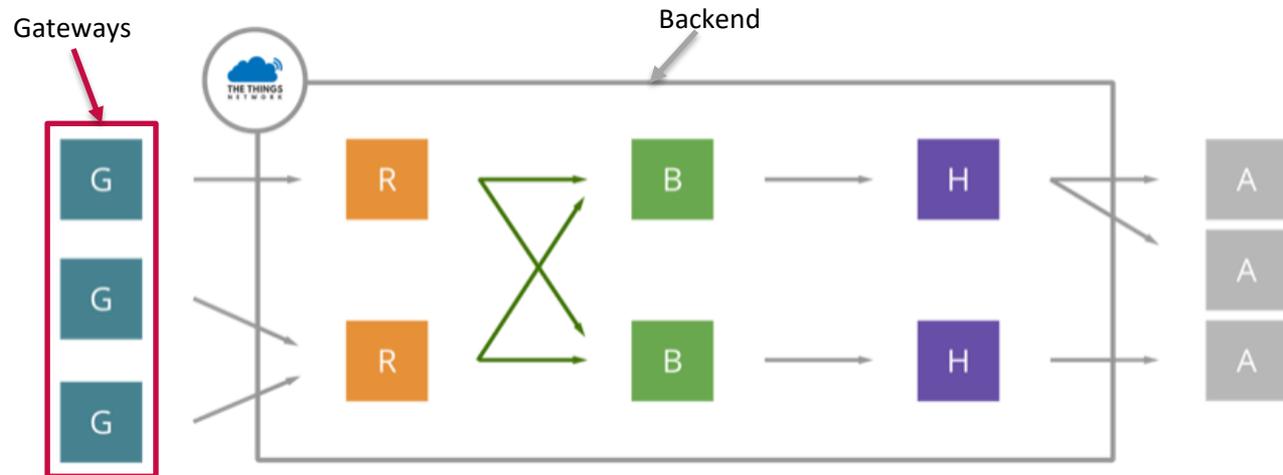
CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

LoRa & LoRaWAN

The Things Network: gateways



Les nœuds envoient des messages à l'aide du protocole radio LoRa.

Ces messages sont reçus par une ou plusieurs Gateways (passerelles).

Les Gateways renvoient les messages vers le backend de The Things Network

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWAN

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LoRa
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRa
- NŒUDS

- THE THINGS UNO
- LA FAMILLE PY

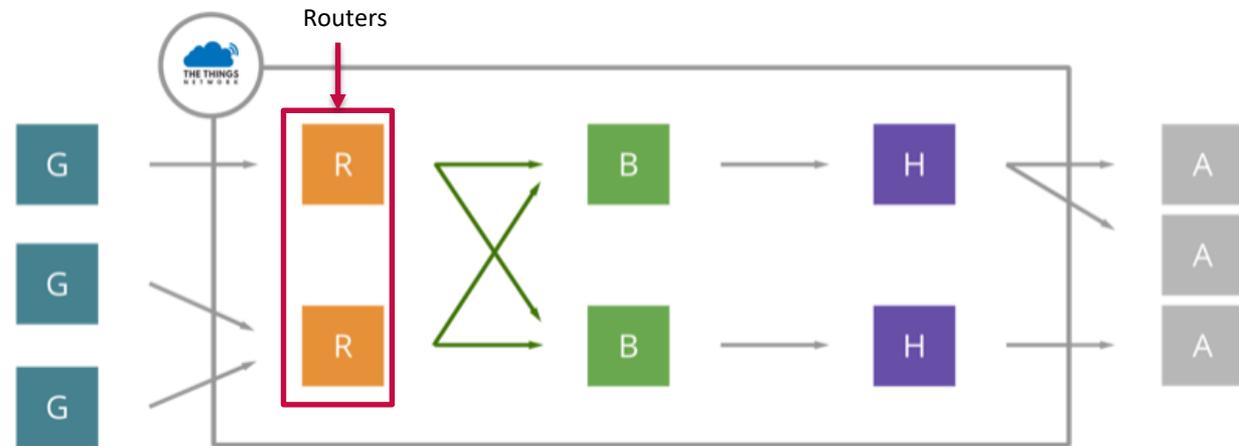
CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

LoRa & LoRaWAN

The Things Network: gateways



Les messages transmis par les gateways sont transmis à un routeur.

Les rôles de routeurs sont : la gestion du statut des gateways et de la programmation des transmissions.

Chaque routeur est connecté à un ou plusieurs routeurs

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWAN

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LoRa
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRa
- NŒUDS

- THE THINGS UNO
- LA FAMILLE PY

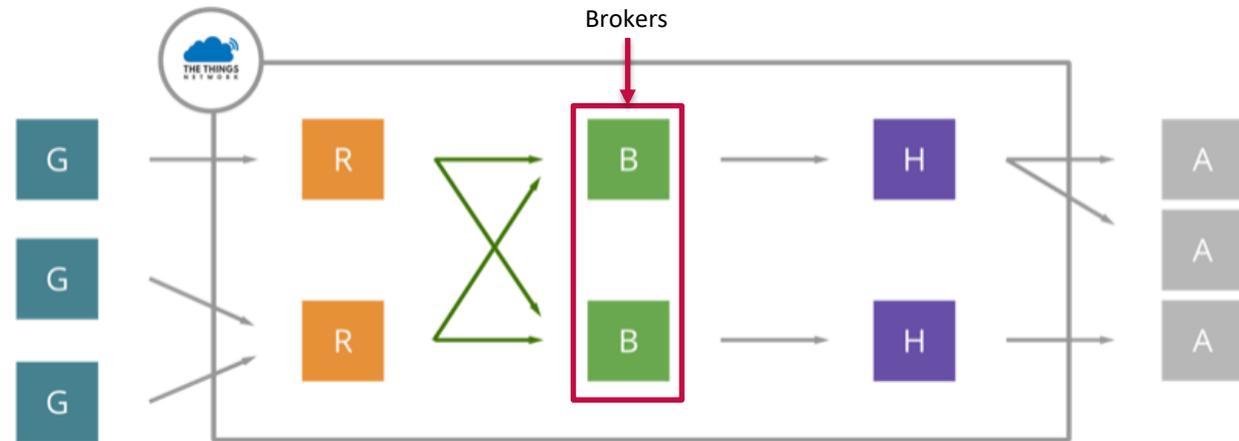
CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

LoRa & LoRaWAN

The Things Network: gateways



Les « Brokers » relient les nœuds aux applications. Ils transmettent les messages ascendants à l'application correcte et transmettent les messages descendants au routeur correct (qui les transmet à une passerelle qui le transmet à son tour au nœud).

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWAN

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LoRa
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRa
- NŒUDS

- THE THINGS UNO
- LA FAMILLE PY

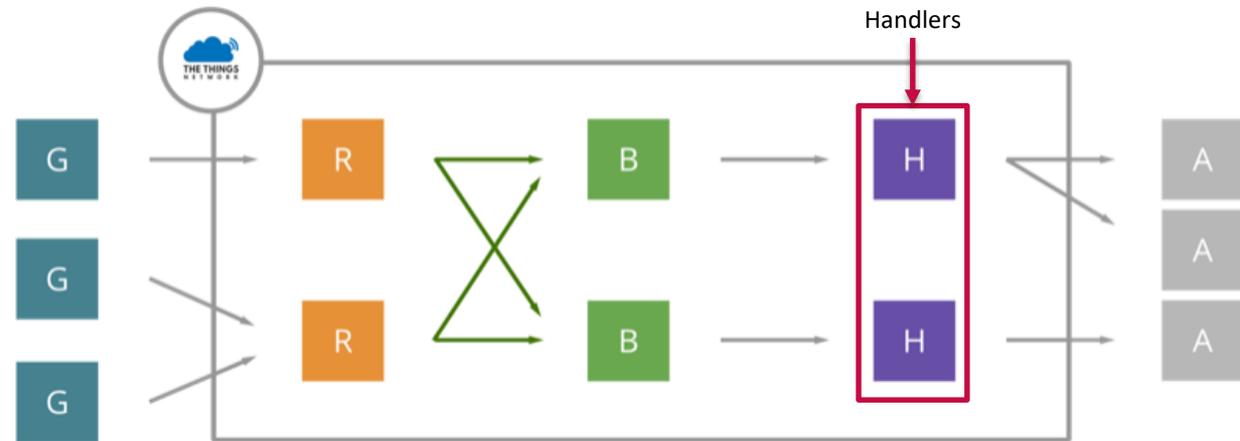
CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

LoRa & LoRaWAN

The Things Network: gateways



Les « Handlers » sont responsables de la gestion des données de une ou plusieurs applications. Pour ce faire, il se connecte au Broker ou sont enregistrés les applications et les noeuds.

C'est au niveau du Handler que les données sont encryptées et décryptées.

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWAN

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LoRa
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRa
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

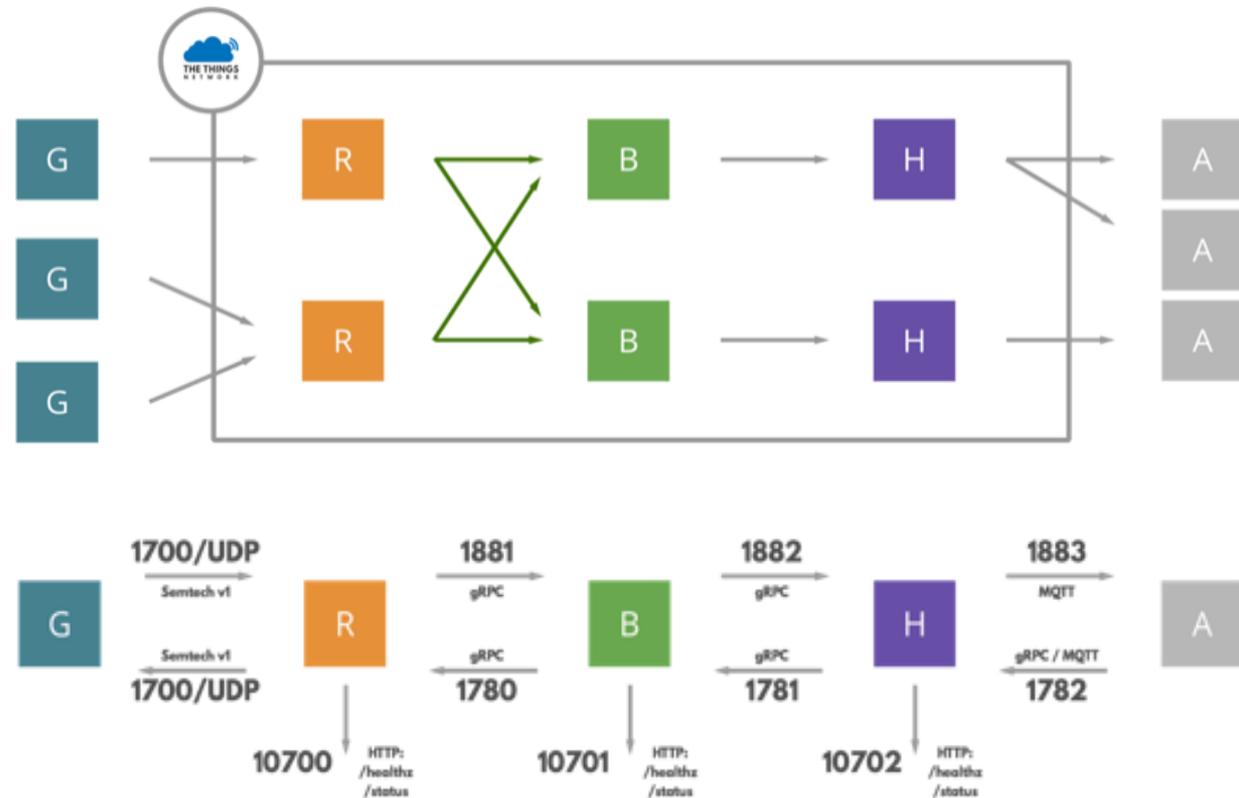
CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

LoRa & LoRaWAN

The Things Network: réseau public



INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWAN

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LoRa
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION

RÉSEAU LoRa

- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

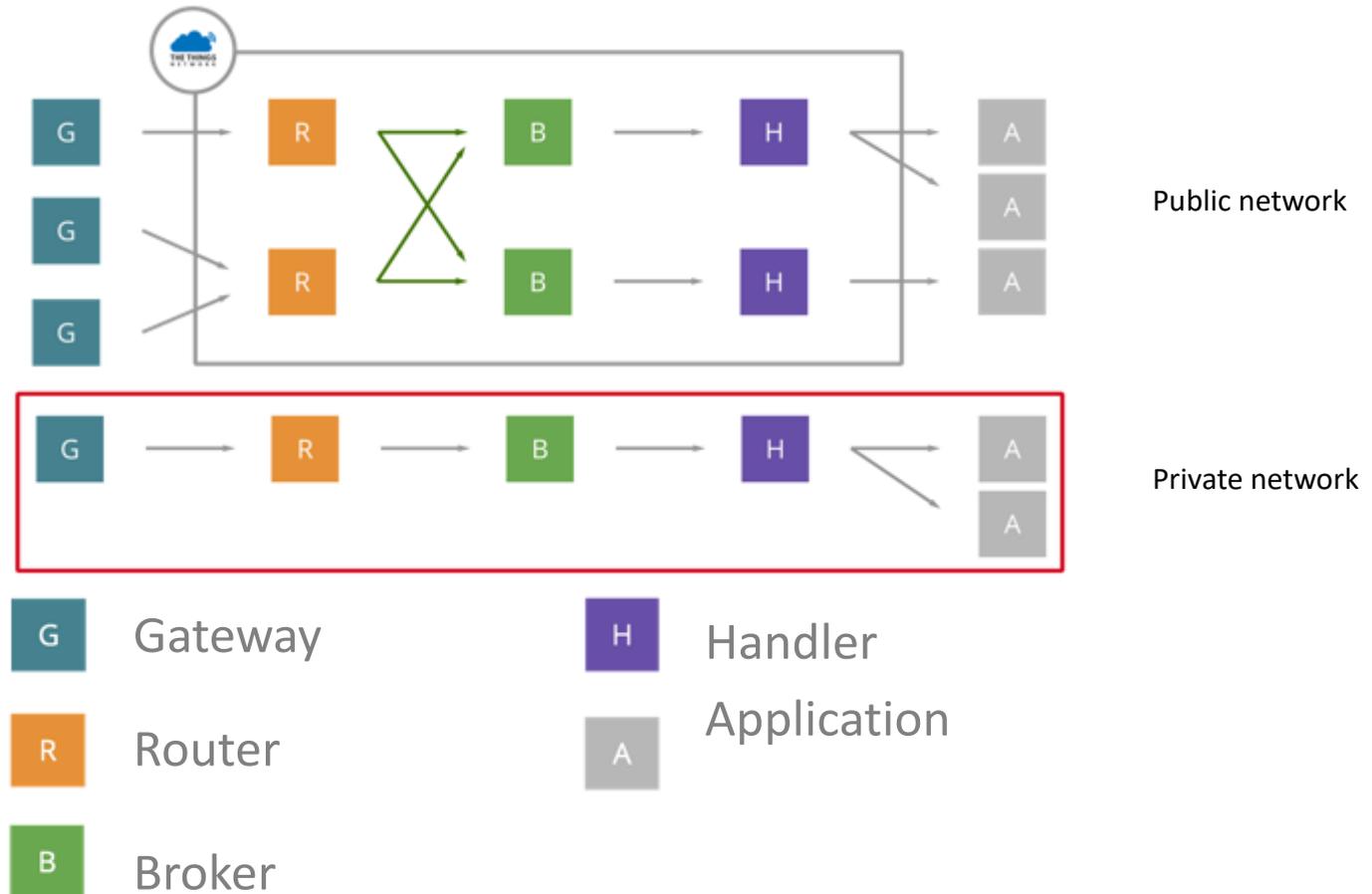
CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

LoRa & LoRaWAN

The Things Network



INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWAN

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LoRa
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION

RÉSEAU LoRa

- Nœuds
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

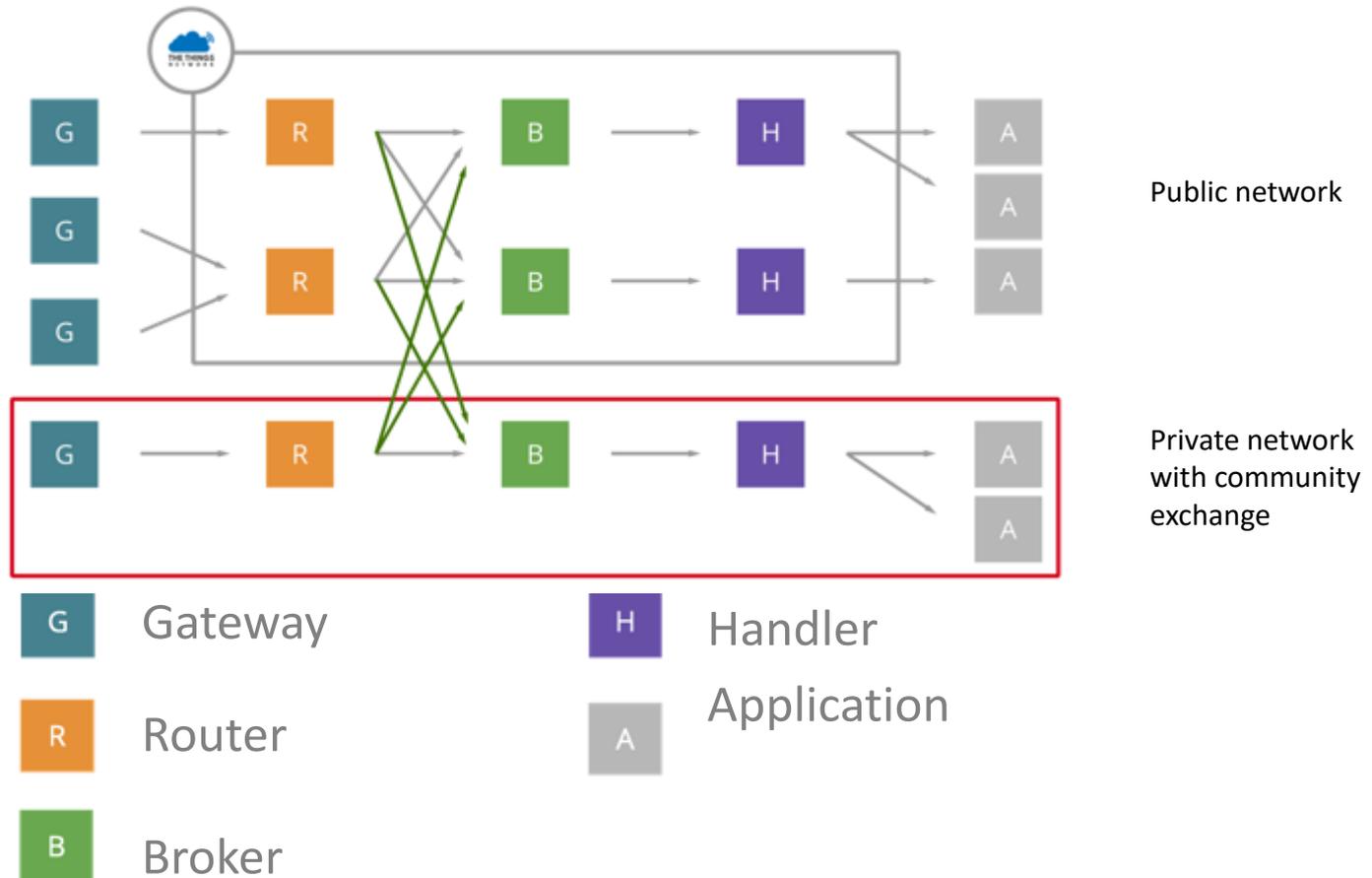
CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

LoRa & LoRaWAN

The Things Network



INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWAN

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LoRa
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION

RÉSEAU LoRa

- Nœuds
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

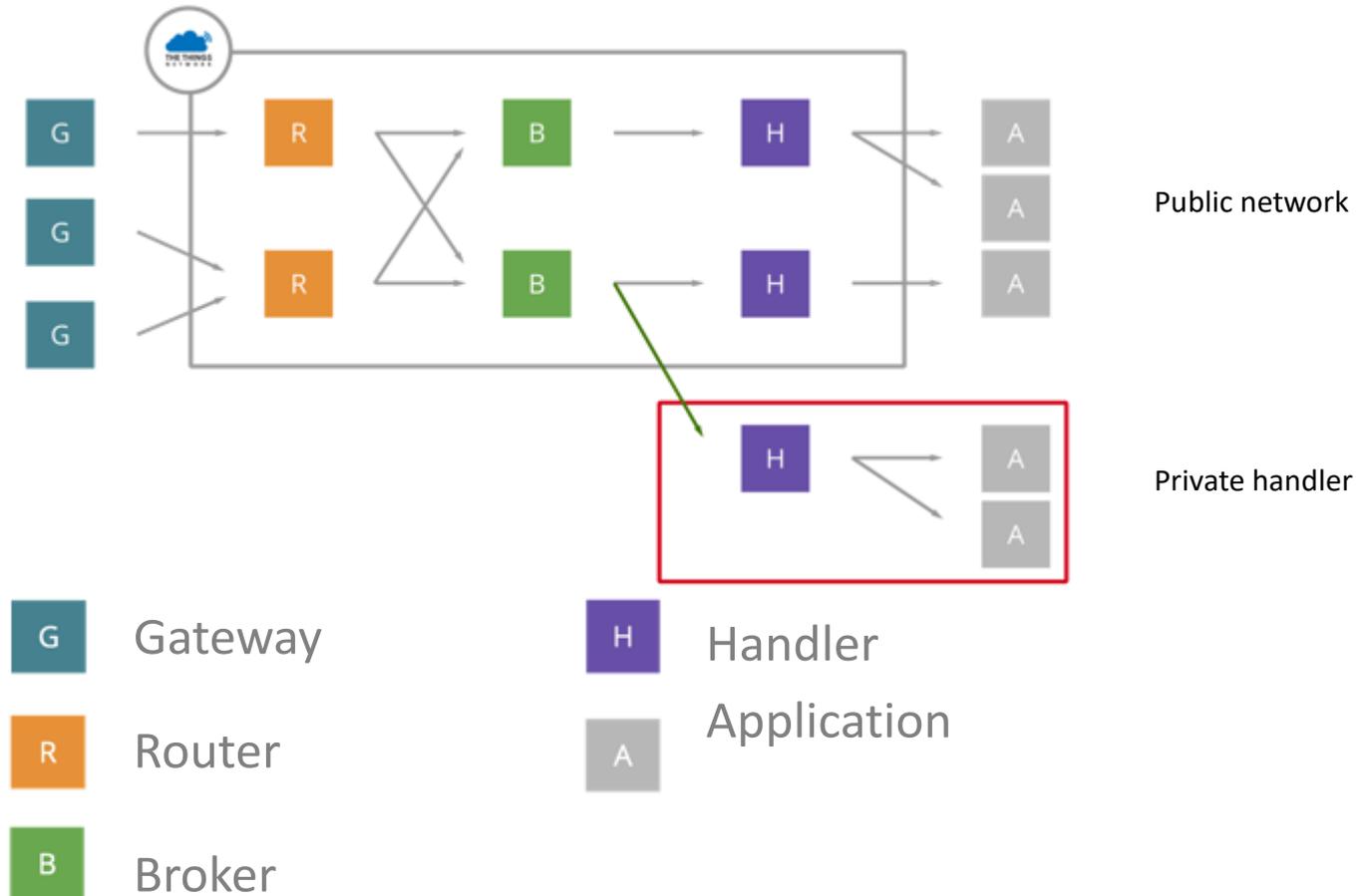
CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

LoRa & LoRaWAN

The Things Network



INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWAN

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LoRa
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRa
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

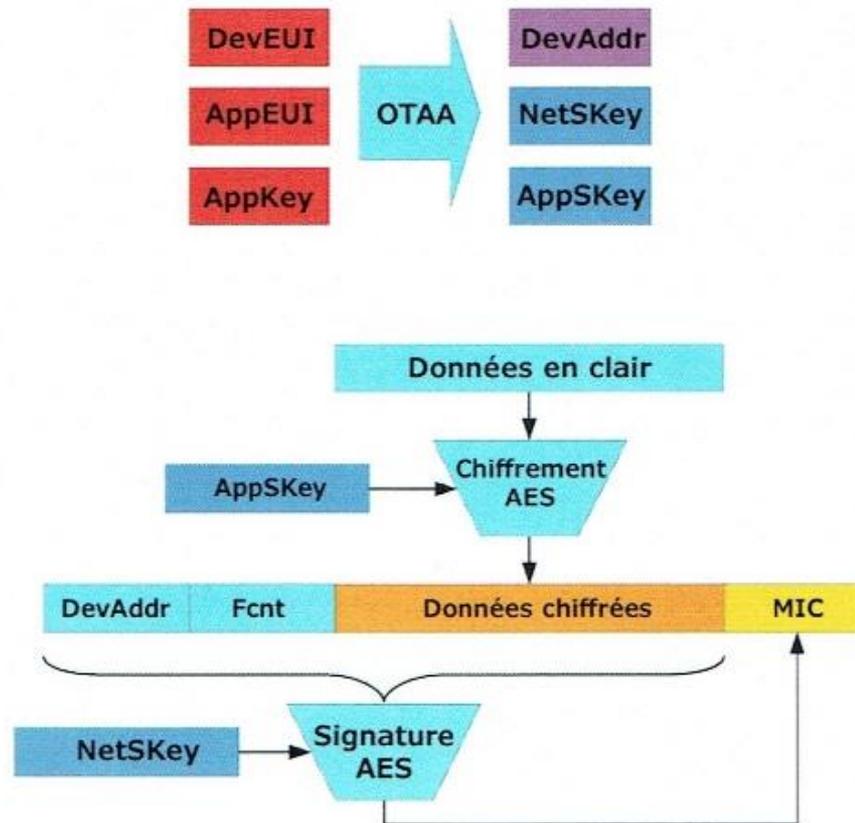
CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

LoRa & LoRaWAN

Sécurité



INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWAN

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LoRa
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRa
- NŒUDS
 - [THE THINGS UNO](#)
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

LoRa & LoRaWAN

The Things Uno



Arduino Leonardo
avec une puce
LoRaWAN
(MicroChip)

IDE Arduino

Programmation
C-like

Super Loop

50 € htva

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWAN

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LoRa
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRa
- NŒUDS

- THE THINGS UNO

- LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

LoRa & LoRaWAN

Famille Pycom



19,95€



29,95€



29,95 €



54,00€



44,00€

Programmés en
micro Python

Classe A & C

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWAN

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LoRa
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRa
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - [LA FAMILLE PY](#)

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

LoRa & LoRaWan

LoPy et FiPy



CPU: Espressif ESP32 chipset

RAM: 512 Kb

Mémoire flash: 4 Mb

WiFi: 802.11b/g/n 16 mbps

WPA entreprise

LoRa

Bluetooth: classique et BLE

GPIO: 24

2 UART, 2 SPI, I2C, I2S

8 ADC 12 bits



CPU: Espressif ESP 32 chipset

RAM: 4 Mb

Mémoire flash: 8 Mb

WiFi: 802.11b/g/n 16 mbps

WPA entreprise

LoRa, Sigfox, LTE-CAT M1/NB1

Bluetooth: classique et BLE

GPIO: 22

2 UART, 2 SPI, I2C, I2S

8 ADC 12 bits

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWAN

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LoRa
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRa
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

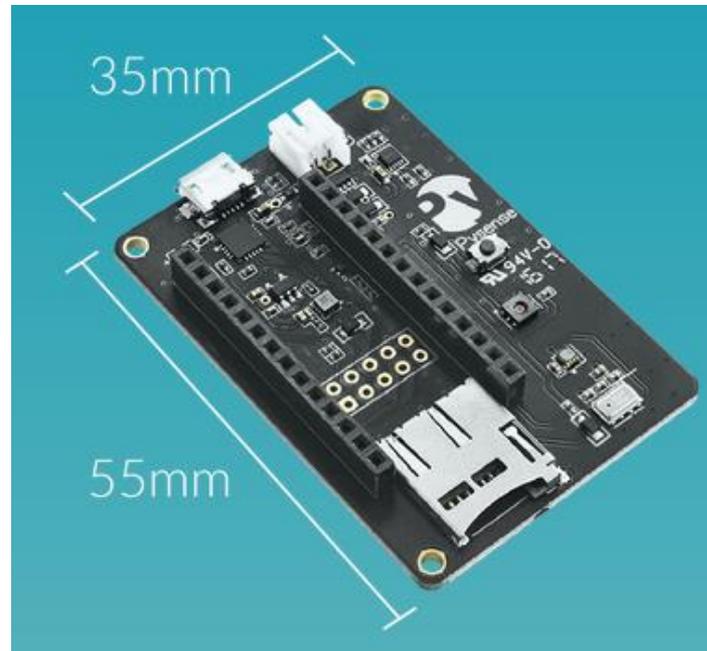
CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

LoRa & LoRaWAN

Carte d'extension: PySense



Source: Pycom

Paramètres mesurés

- Lumière Ambiante
- Pression barométrique
- Humidité
- Accéléromètre tri axial
- Température
- Chargeur de batterie Lipo

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWAN

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LoRa
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRa
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

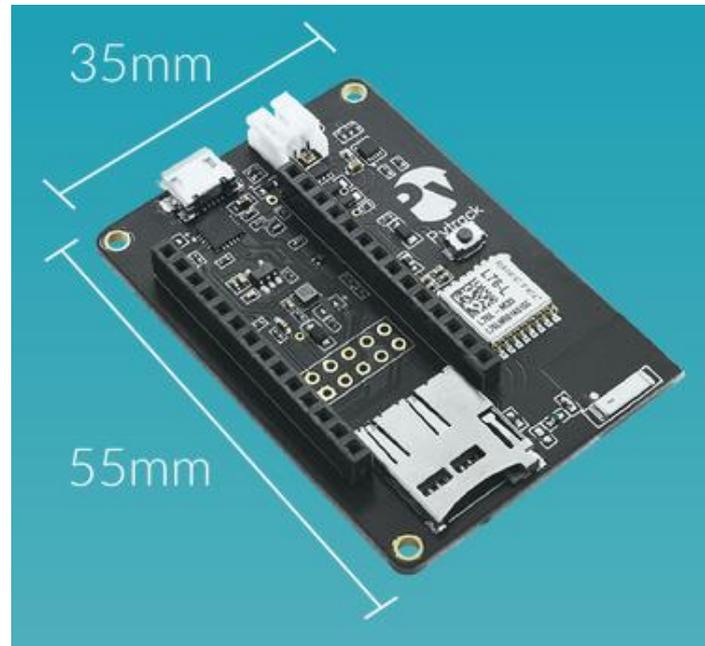
CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

LoRa & LoRaWAN

Carte d'extension: PyTrack



Source: Pycom

Paramètres mesurés

- Localisation (GPS, Galileo, GNSS, Glonass)
- Accéléromètre tri axial
- Température
- Chargeur de batterie Lipo

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWAN

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LoRa
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRa
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - [LA FAMILLE PY](#)

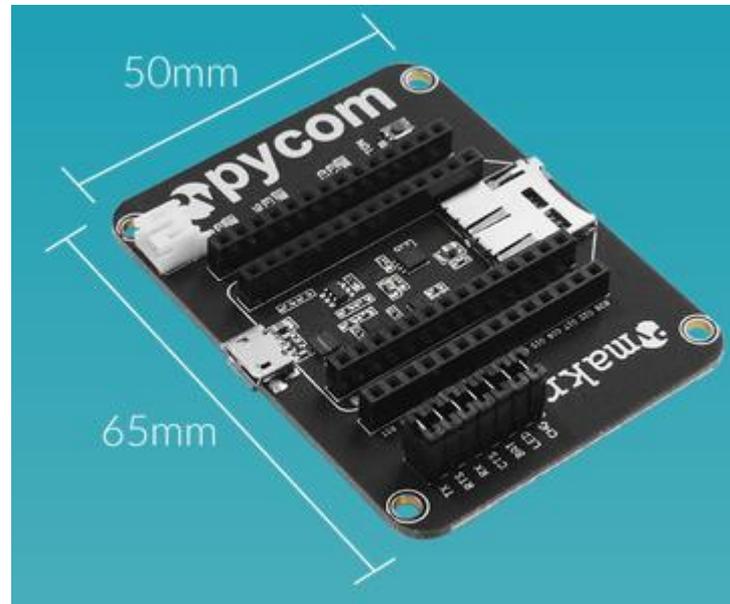
CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

LoRa & LoRaWAN

Carte d'extension: Extension Board



Source: Pycom

Paramètres mesurés

- Lumière Ambiante
- Accéléromètre tri axial
- Chargeur de batterie Lipo

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWAN

LORA & LORAWAN

- MODULATION LORA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LORA
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Construire soi-même

Gateway multi canaux (Raspberry Pi + IMST iC880A)



<https://www.rs-online.com/designspark/building-a-raspberry-pi-powered-lorawan-gateway>

<https://github.com/ttn-zh/ic880a-gateway>

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWAN

LORA & LORAWAN

- MODULATION LORA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LORA
- NŒUDS

- THE THINGS UNO
- LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

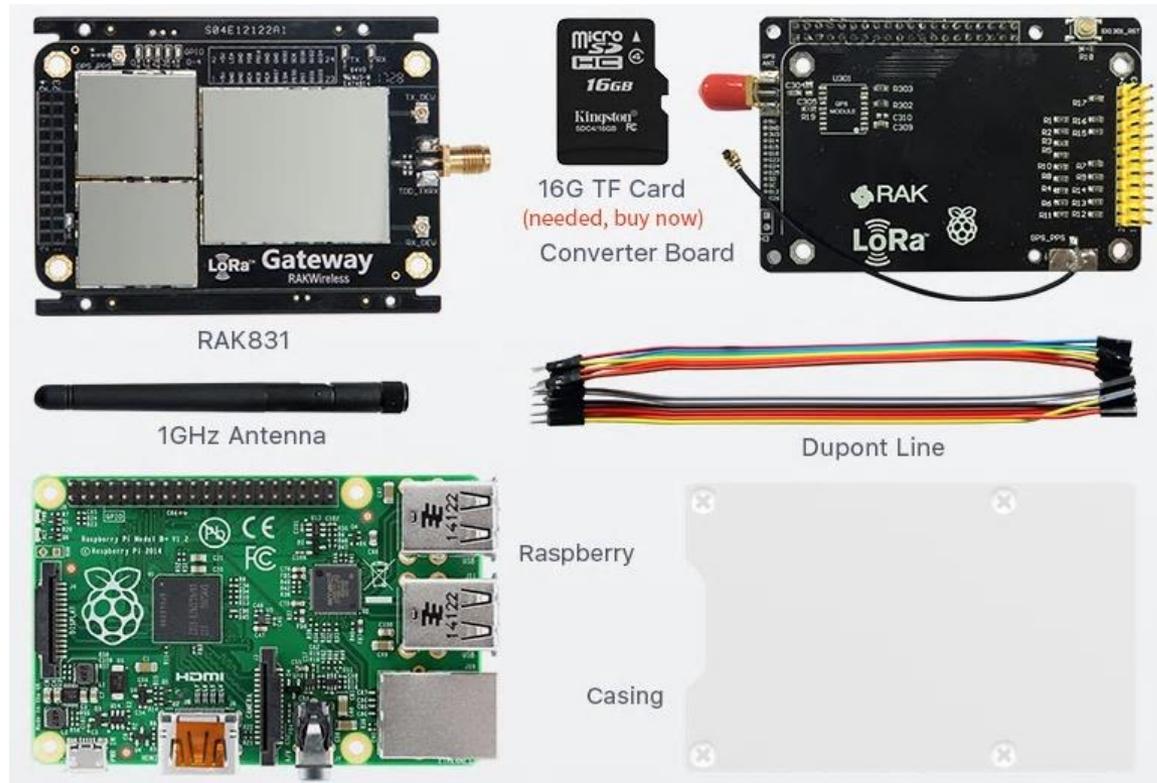
ACHETER TOUT FAIT

EN PRATIQUE

CONCLUSION

Construire soi-même

Gateway multi canaux (Raspberry Pi + RAK 831)



154 €
htva

<https://www.hackster.io/naresh-krish/getting-started-with-the-rak-831-lora-gateway-and-rpi3-e3351d>

https://fr.aliexpress.com/store/product/RAK831-LoRa-LoRaWAN-Gateway-Module-base-on-SX1301-433-868-915MHz-range-of-up-to-49200ft/2805180_32821411294.html?spm=2114.12010608.0.0.Cyrc5G

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWAN

LoRa & LoRaWAN

- MODULATION LoRa
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRa
 - Nœuds
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Construire soi-même

Seeed Studio LoRa/LoRaWAN 868MHz & 915MHz Gateways



322 € htva

<https://www.seeedstudio.com/LoRa-LoRaWAN-Gateway-868MHz-Kit-with-Raspberry-Pi-3-p-2823.html>

<http://www.mouser.be/ProductDetail/Seeed-Studio/110060622/?qs=sGAEpiMZZMve4%2fbfQkoj%252bNagWcb1urZWCO50M%2fPcYok%3d>

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWAN

LORA & LORAWAN

- MODULATION LORA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LORA
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Acheter tout fait

Lorank 8+



https://webshop.ideetron.nl/LORANK-8_PLUS

654 € htva

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWAN

LORA & LORAWAN

- MODULATION LORA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LORA
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Acheter tout fait

TTN-Gateway



300 € htva

<https://shop.thethingsnetwork.com/index.php/product/the-things-gateway/>

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWAN

LoRA & LoRAWAN

- MODULATION LoRA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRA
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Conclusion

Ethique

- Modification de la relation fabricant–consommateur ponctuelle vers une relation long terme;
- On acquiert plus seulement un objet mais un paquet de services;
- Le fabricant est dépendant de l'entreprise qui héberge ses serveurs. Tous ces acteurs ne peuvent en aucun cas tomber en faillites;
- Obsolescence du jour au lendemain (ex: les smartphones) ou la disparition pur et simple du produit du marché (ex: Power Flower de Parrot);

INTERNET DES OBJETS

- DÉFINITION
- UBIQUITAIRE VS OBJET
- UTILISATION

OBJETS CONNECTÉS

- SENSEURS
- EFFECTEURS

COMMUNICATION

- PANORAMA
- 3GPP
- LPWAN

LoRA & LoRAWAN

- MODULATION LoRA
- GÉOLOCALISATION
- PROPAGATION
- RÉSEAU LoRA
- NŒUDS
 - THE THINGS UNO
 - LA FAMILLE PY

CONSTRUIRE SOI-MÊME

ACHETER TOUT FAIT

CONCLUSION

Conclusion

Ethique

- Aucune garantie sur l'utilisation et la revente à des tiers des données collectées par le fabricant;
- Prise en otage par les objets connectés ou les fabricants de ces objets. Lien de dépendance avec le fabricant via les conditions d'utilisation. En cas de panne, obligation de faire appel au service technique du fabricant.

La question

- A qui profite réellement l'intelligence des objets connectés?

Merci pour votre attention

Olivier DEBAUCHE (ON8CJ)

UMONS – FPMs - Service d'informatique
9 rue de Houdain
7000 Mons (Belgique)

<https://applications.umons.ac.be/staff/olivier.debauche/>



Mises à jour de ce document:

<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15136.07689>