



ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRONIQUE, D'INFORMATIQUE,  
D'HYDRAULIQUE ET DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

# PROJET IOT

29 mai 2023

Iliass SIJELMASSI  
Abdeslam EL BENNOURI  
Hamza OTMANI  
Ayoub NAJMEDDINE  
Aymane RBAATI

INP ENSEEIHT  
3<sup>ème</sup> année SN

# Sommaire

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Réseaux de capteurs sans fil pour l'agriculture et de contrôle de l'environnement</b>	<b>2</b>
2.0.1	Q1 . . . . .	2
2.0.2	Q2 . . . . .	2
2.0.3	Q3 . . . . .	2
2.0.4	Q4 . . . . .	3
2.0.5	Q5 . . . . .	3
2.0.6	Q6 . . . . .	3
2.0.7	Q7 . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Mise en place de la preuve du concept</b>	<b>5</b>
3.1	Couche d'application . . . . .	5
3.2	Couche réseau . . . . .	6
3.3	Couche MAC/Liaison . . . . .	7
3.4	Couche physique . . . . .	7

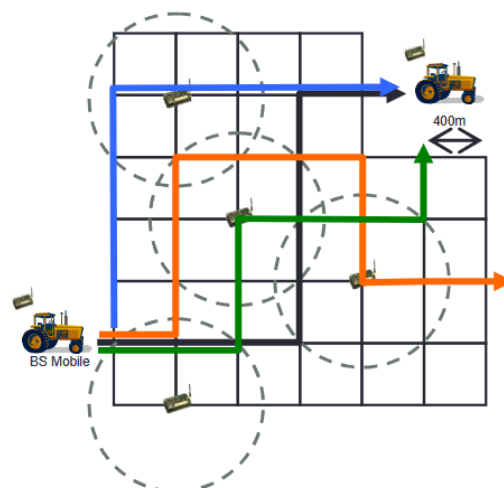
# Partie 1

## Introduction

L'Internet des objets (IoT) est un système de connexion d'un nombre colossal d'objets connectés en réseau qui peuvent collecter et partager des données. Les objets connectés peuvent inclure tout, des appareils domestiques intelligents aux appareils industriels, en passant par les véhicules, les machines et les capteurs.

Les réseaux IoT permettent aux objets connectés de communiquer entre eux et avec d'autres systèmes, tels que les centres de données, les applications et les services cloud. Les réseaux IoT peuvent utiliser différentes technologies de communication, telles que le Wi-Fi, le Bluetooth, la 4G/5G, le Zigbee et le LoRaWAN, pour connecter des objets entre eux et à Internet.

Les réseaux IoT peuvent être utilisés pour de nombreuses applications, telles que la surveillance de la santé, la gestion de l'énergie, la ville intelligente, la domotique, la logistique, la fabrication et la production. Les réseaux IoT peuvent également aider les entreprises à prendre des décisions plus informées en fournissant des données en temps réel sur les opérations et les performances de leurs produits et services.



## Partie 2

# Réseaux de capteurs sans fil pour l'agriculture et de contrôle de l'environnement

On suppose que le champ a pour superficie 20.000 hectares. Chaque capteur est séparé de son voisin de 400 mètres. On va faire des hypothèses sur la forme du champ et le nombre des capteurs dans le champ que ce soit un carré ou une patatoïde.

### 2.0.1 Q1

Les 3 solutions proposés sont les suivantes : un tracteur, un drone et un réseau sans fil dans le champ. On va comparer ces solutions par rapport à ces critères :

- 1/ Data rate
- 2/ Spectrum factor (SF)

Ces critères reposent sur la continuité de transmission de données, la surcharge des données au niveau des capteurs et la consommation d'énergie.

Pour le cas dense : le protocole RPL convient le mieux car il offre un accès dédié.

### 2.0.2 Q2

Dans le cas d'un réseau peu dense, on prendra en compte les contraintes suivantes :

Portée limitée ( distance entre les capteurs), consommation d'énergie (il est important de choisir un protocole qui permettent une faible consommation d'énergie pour prolonger la durée de vie des capteurs), fiabilité de la communication, latence faible, scalabilité.

### 2.0.3 Q3

Céder l'ordonnancement au niveau de l'application

#### 2.0.4 Q4

L'utilisation d'un routage multi-saut dans un réseau dense permet de contourner les éventuels échecs de lien en utilisant plusieurs sauts pour atteindre la destination. Cela augmente la robustesse et la fiabilité du réseau en réduisant les risques de coupure de la communication. Il peut également permettre de réduire la congestion en utilisant des itinéraires alternatifs pour éviter les nœuds surchargés.

#### 2.0.5 Q5

Il vaut mieux utiliser des protocoles de routage adaptatifs en fonction du contexte : Dans le cas d'un réseau dense il vaut mieux utiliser : Ad-hoc et DSr qui conviennent le mieux dans ce contexte car permettent de retrouver rapidement les meilleurs routes en fonction des noeuds.

Tandis que dans le cas d'un réseau peu dense il vaut mieux privilégier Flooding ou SPN car fonctionnent meme lorsque les routes directes ne sont pas disponibles

RPL est plus efficace pour les réseaux peu denses ou les réseaux étendus, où les nœuds sont répartis de manière irrégulière et où il n'y a pas de couverture complète. Il est particulièrement adapté aux réseaux de capteurs de terrain, tels que les réseaux de capteurs pour l'agriculture ou les réseaux de capteurs pour les applications de surveillance environnementale. En revanche, pour des réseaux plus denses, un protocole de routage basé sur la table de routage peut être plus efficace.

Dans le cas optimiste il vaut mieux utiliser OSPR

On va utiliser des tensiomètres qui vont être déployés sur les parcelles afin d'évaluer les besoins en eau des cultures et déclencher

#### 2.0.6 Q6

Drones utilités : Grande couverture -adaptabilité inconvénients :-temps de contact -qualité de liaisons -autonomies Tracteur : -Temps de contact -Passe pas forcément par tous les capteurs Réseau sans fil : -Autonomie -Portée -Interférences et congestion

#### 2.0.7 Q7

Dans un champ où il y a 1500 capteurs, si l'on souhaite placer un point central pour collecter les données, il y a plusieurs options pour la communication :

Communication directe : Les capteurs peuvent communiquer directement avec le point central en utilisant des protocoles de communication sans fil tels que Zigbee, WiFi, Bluetooth, etc. Le point central doit être équipé des mêmes protocoles pour pouvoir communiquer avec les capteurs.

Communication indirecte : Les capteurs peuvent communiquer indirectement avec le point central en utilisant un relais ou un concentrateur de réseau. Les capteurs transmettent les données à un concentrateur de réseau qui les transmet ensuite au point central.

Communication via satellite : Les capteurs peuvent communiquer via satellite avec le point central en utilisant des protocoles de communication spécifiques tels que Sigfox ou LoRaWAN. Les capteurs transmettent les données à un satellite qui les transmet ensuite au point central.

Communication via réseau cellulaire : Les capteurs peuvent communiquer via un réseau cellulaire avec le point central en utilisant des protocoles de communication comme le LTE-M ou le NB-IoT. Les

capteurs transmettent les données à une station de base qui les transmet ensuite au point central.

Il est important de noter que pour un champ avec 1500 capteurs, il est préférable d'utiliser un protocole de communication à longue portée pour éviter les interférences et garantir une bonne couverture. Il est également important de considérer les besoins en énergie des capteurs pour éviter les pannes de batterie et garantir un fonctionnement continu.

---

## Partie 3

# Mise en place de la preuve du concept

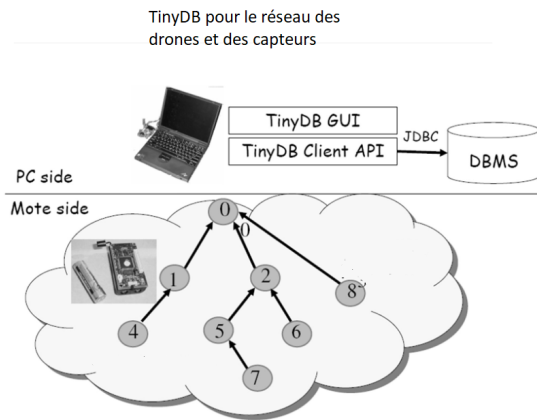
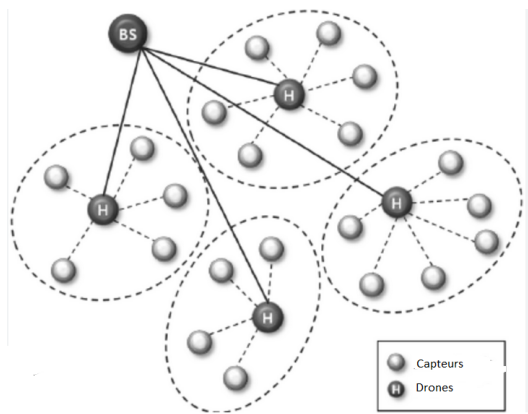
On fait le choix du protocole RPL (Routing Protocol for Low power and Lossy Networks), même si ce dernier n'est pas conçu pour des transmission longue portée, mais il peut minimiser le nombre de transmissions radio nécessaires pour transmettre des paquets d'un nœud à l'autre, la communication est faite entre drone-capteur, et entre capteur-capteur par le biais du drone.

### 3.1 Couche d'application

Au niveau application : le traitement des requêtes se fait de façon PUSH BASED (ADVERTISE-MENT OF AVAILABLE DATA) , Les capteurs vont annoncer leurs données disponibles aux utilisateurs et ces derniers sélectionnent celles qui les intéressent. on envisagera deux groupes requêtes principales, les requêtes instantanées suivant des instants choisis par les utilisateurs. et des requêtes historiques pour effectuer les différents traitements souhaités sur les données déjà collectés. ces requêtes seront de type géographique (LOCATION BASED QUERY) qui vont reporter des valeurs mesurées aux coordonnées où il sont placés.

Le protocole hiérarchique va fonctionner en sorte qu'il fixe les points d'aggrégation au niveau des drones, ce processus va aider à combiner des données ou informations pour estimer ou prévoir des événements, tout en profitant de la hiérarchie de routage et de la densité élevée de réseau. L'aggrégation en cours de route des données réduit la charge de trafic, et augmente l'efficacité en terme de consommation électrique et de mémoire.

En fin, nous proposons un système TinyBD pour la gestion des requêtes d'une façon distribuée. dans une base de données locale, le routage sera sous forme d'un arbre avec SINK le drone directement liée avec la base de données locale ou le terminal effectuant les différents traitements.

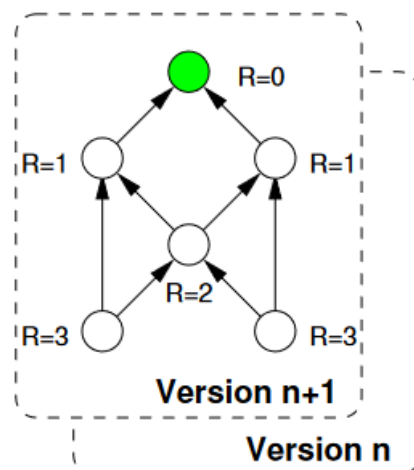


### 3.2 Couche réseau

Le protocole réseau choisi est RPL, ce protocole hiérarchique assure un impact important sur la qualité de service (QoS) et la durée de vie du réseau en raison de la façon dont il organise et gère les données transmises sur le réseau, les différentes couches du protocole sont responsables de différentes fonctions, telles que la gestion des adresses, la détection d'erreurs, la correction d'erreurs et la qualité de service. Cela permet de séparer les fonctions du réseau en niveaux distincts, ce qui peut améliorer la fiabilité et la performance du réseau.

En ce qui concerne la qualité de service, RPL classe les données transmises sur le réseau en différentes priorités en fonction de la nature des données et de l'application qui les génère. Cela permet de garantir que les données critiques.

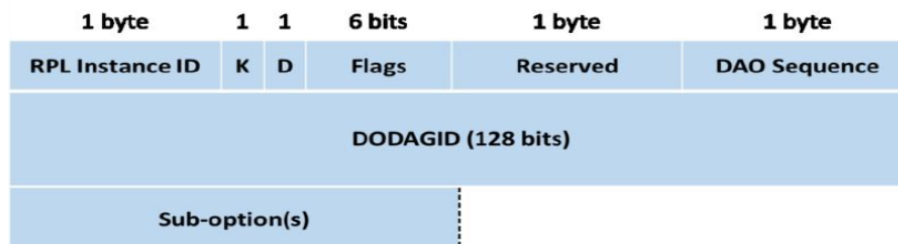
En ce qui concerne la durée de vie du réseau, RPL peut aider à gérer efficacement les ressources du réseau, ce qui peut prolonger la durée de vie du réseau. Par exemple, en utilisant des mécanismes de contrôle de congestion pour éviter les surcharges de trafic.





### 3.3 Couche MAC/Liaison

La forme des message envoyées vers le SINK de l'arbre est de la forme :



Les constituants de ce message (DAO) dans le protocole RPL incluent :

Identificateur d'objet DAO : C'est un identificateur unique qui identifie le message DAO.

Paramètre D : Cette entrée spécifie la durée pendant laquelle les informations de routage pour le noeud de destination sont valides.

Paramètre K : désigne le nombre de bits utilisés pour la délimitation de la trame. Ce paramètre peut être utilisé pour déterminer la longueur de la trame et séparer les données dans les trames distinctes.

Rang de destination : Ce paramètre indique le rang du noeud de destination dans le réseau, ce qui permet de déterminer la distance entre le noeud de destination et le noeud actuel.

Adresse de destination : Cette entrée spécifie l'adresse IP du noeud de destination.

Options de RPL : Cette entrée contient des informations supplémentaires pour le routage, telles que des informations sur le chemin le plus court pour atteindre le noeud de destination.

### 3.4 Couche physique

Les paramètre de la couche physique de la norme IETF qui gère le protocole en question :

Channel bandwidths : Les largeurs de canal courantes incluent 20 MHz, 40 MHz et 80 MHz pour les réseaux sans fil.

Modulation prise en charge : la norme supporte des modulations comme la modulation d'amplitude-fréquence (AM), la modulation par largeur d'impulsion (PWM) ou la modulation orthogonale à fréquences multiples (OFDM).

Type d'antenne : Les types d'antennes incluent les antennes simple entrée simple sortie (SISO), les antennes entrée multiple sortie (MIMO) et les antennes à réception multiple (MRR). Les antennes MIMO et MRR peuvent augmenter la capacité et la fiabilité du réseau en utilisant plusieurs antennes pour transmettre et recevoir les données.

# Bibliographie

- [1] Cours réseaux de capteurs sans fil (Choix conceptuels pour le déploiement de l'IoT), Riadh DHAOU
- [2] Cours Internet of Things : 802.15.4, 6LoWPAN, RPL, COAP, Riadh DHAOU
- [3] Thème : Proposer une solution d'atténuation des attaques du rang dans les réseaux RPL, Berdji Zouheyr