

# Sujets de projets Réseaux pour l'IoT (2020-2021)

## Problème 1 : réseaux de capteurs sans fil pour l'agriculture et de contrôle de l'environnement

Nous nous proposons de choisir les protocoles de niveau MAC adaptés pour une application de contrôle de parcelles agricoles à l'aide de capteurs de température/humidité communiquant en sans-fil. Les capteurs sont dispersés (séparés de 400 mètres) de façon régulière dans un champ de deux hectares. Les mesures effectuées permettent de contrôler les besoins en termes d'irrigation.

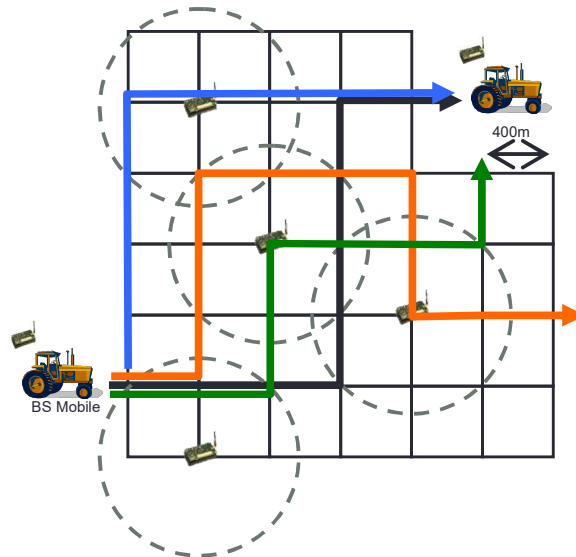


Figure 1: Parcours de la BS à travers le réseau de capteurs

Les capteurs effectuent des mesures en continue. Un contrôle et une relève régulière des données (plusieurs fois par jour) est réalisée par un opérateur. Une station (BS) mobile vient collecter les données. La communication opportuniste permet, dès que la BS est à portée du capteur, d'échanger les informations de mesure et de commande avec le capteur. Néanmoins, ce contrôle ne doit pas conditionner le parcours de la BS.

Afin d'augmenter la durée de vie du réseau, plusieurs solutions protocolaires sont envisageables pour cette application.

Deux cas de figures sont à prendre en compte :

Réseau dense : les capteurs sont à portée les uns des autres (topologie en grille, dans les conditions de propagation parfaite).

Réseau peu dense : les capteurs sont hors de portée les uns des autres (voir figure 2)

## **Conception de solution applicatives, choix des technologies et des protocoles de communication**

1. Quels types de protocoles de niveau MAC conviennent dans les deux cas ?
2. Quelles sont les contraintes que nous devons prendre en compte dans le contexte d'un réseau peu dense.
3. Quelles solutions protocolaires pouvons-nous mettre en place dans ce contexte ? Préciser les niveaux protocolaires concernés.
4. Dans le cas de réseau dense, quelle est l'utilité de l'utilisation d'un routage multi-saut ?
5. Quels protocoles de routage conviennent dans ce contexte ?
6. Quelles technologies pourraient être adaptées pour cette application ? Discutez leurs avantages et limitations

## **Mise en place d'une preuve d'une PoC**

7. Concevoir et mettre en place une Preuve de Concept en utilisant le matériel disponible. Préciser les paramètres de l'application (taille des messages, types/classes des devices, et de la couche physique et leur impact sur la qualité de service et la durée de vie réseau.

## Problème 2 : Monitoring de la flotte de véhicules du personnel de l'ENSEEIH

Ce projet vise à mettre en place des dispositifs de communication génériques destinés à être embarqués dans les différents véhicules utilisés par le personnel de l'ENSEEIH (Que ce soit les véhicules électriques administratifs de l'ENSEEIH, ou dans les véhicules privés). Ces dispositifs permettent de suivre l'état de la flotte des véhicules dans l'objectif de l'optimisation des ressources disponibles (pour une maintenance préventive des véhicules électriques et l'optimisation de l'utilisation des ressources énergétiques mises à disposition ainsi que l'utilisation efficace des places louées dans les deux parkings avoisinants : Saint Georges et Saint Aubin). Deux types d'applications sont à proposer :

- Pour les véhicules administratifs, suivre en temps réel l'état de la flotte des véhicules (localisation, ainsi que quelques paramètres comme le niveau de batterie du véhicule, ou d'autres paramètres physiques)
- Pour les véhicules privés, suivre leur présence dans les deux parkings publics.

Deux solutions technologiques sont envisagées.

- La première fondée sur un réseau LPWAN fédérateur et associatif couvrant l'agglomération Toulousaine (périmètre dans lequel les véhicules administratifs sont autorisés à se déplacer).
- La seconde fondée sur un réseau IoT cellulaire : NB-IoT, LTE-M (nécessite un abonnement).



Figure 2: Plan du site ENSEEIH et des emplacements des véhicules

La position GPS est envoyée de façon périodique (la fréquence à laquelle les données remontent vers l'infrastructure dépend des limitations de la technologie utilisée). Un compromis entre précision de la mesure et charge du réseau est à trouver.

Les dispositifs proposés sont autonomes mais peuvent être branchés sur les ports USB du véhicule pour être électriquement alimentés lorsque le moteur du véhicule tourne. Ils ne sont pas alimentés en continu.

1. Quelles solutions protocolaires pouvons-nous mettre en place dans ce contexte ? Préciser les niveaux protocolaires concernés.
2. Discutez les avantages et limitations des deux types de technologies visées en tenant compte des besoins des applications visées.
3. Quel est l'intérêt de mettre en place un routage multi-saut ? Quelles solutions protocolaires hiérarchiques sont-elles utiles ?

4. Comment les paramètres physiques (codage, facteurs d'étalement, ...) peuvent-ils être adaptés en fonction de chaque type d'application et de la taille des messages (contenus) à transmettre.

#### **Mise en place d'une preuve d'une PoC**

5. Concevoir et mettre en place une Preuve de Concept en utilisant le matériel disponible. Préciser les paramètres de l'application (taille des messages, types/classes des devices, et de la couche physique et leur impact sur la qualité de service et la durée de vie réseau.

### **Problème 3 : Système Autonome pour le contrôle de la chaîne du froid**

Nous nous proposons de choisir les protocoles adaptés pour une application de contrôle de la chaîne de froid de bout-en-bout à l'aide de capteurs de température communiquant en sans-fil.

Le contrôle se fait surtout pendant la phase de transport et de déchargement des produits alimentaires. Les entrepôts de stockage étant équipés de moyens de détection. Chaque capteur conserve son historique. Les contraintes de coût imposent de ne pas utiliser d'équipements chers. Ainsi aucune station de base/ou Gateway ne peut être utilisée dans le camion. Tous les capteurs ont ainsi des fonctionnalités équivalentes. Enfin aucune garantie qu'une communication avec l'extérieur du camion pendant le transport est possible.

Pendant la phase de transport, les palettes sont chargées dans le camion et les capteurs sont activés simultanément. Ils commencent alors à échanger des informations de présence afin de connaître la composition du camion. Puis s'échangent les alarmes éventuelles (défaillances, et alarmes de température). Au cours du transport les palettes peuvent être ajoutées ou enlevées du chargement le réseau doit alors s'adapter à ces modifications. A la fin du transport un opérateur vient collecter des informations auprès de n'importe lequel des capteurs (sans l'identifier au préalable). Cette opération peut être automatisée en présence d'une passerelle LoRA disponible.

A l'intérieur du camion, les capteurs sont considérés en visibilité directe. Les informations échangées ne nécessitent pas d'être envoyées en temps réel. Les capteurs se réveillent périodiquement pour échanger des informations de présence et pour communiquer les alarmes éventuelles. Afin de prolonger la durée de vie des capteurs, ces derniers fonctionnent l'immense majorité du temps avec la radio éteinte. Dans le réseau aucune station maître n'est à priori nécessaire. De plus le nombre de capteurs est variable.

Afin de minimiser les échanges d'informations nous nous proposons une solution fondée sur l'utilisation de LoRA. Tous les nœuds possèdent les mêmes fonctionnalités. La couche 2 n'est pas fiabilisée avec des acquittements gérés par l'application (pas d'acquittements de niveau 2). La couche trois est presque vide. C'est l'application qui prend en charge la complexité protocolaire. En particulier plusieurs protocoles sont définis pour l'initialisation des capteurs (reconnaissance mutuelle, vision exhaustive de l'état du réseau), pour l'ajout ou la suppression d'un capteur, pour le régime permanent pendant lequel les capteurs se réveillent régulièrement pour échanger les informations de présence et les alarmes éventuelles et enfin pour envoyer à l'utilisateur final l'ensemble des données collectées lors du transport.

1. Quels sont selon vous les avantages et les limitations de cette solution ?
2. Quel intérêt de mettre en place un routage des données. Quel type de routage serait préférable ?

Dans l'entrepôt, le recours à l'utilisation d'équipements WIFI et ou Passerelle LoRA Indoor (évoluant dans la même bande) est généralisé.

3. Quelles sont les nouvelles contraintes dont nous devons prendre en compte dans le contexte de l'entrepôt ? Quel impact sur le fonctionnement du réseau de capteurs sans fil ?
4. Quels protocoles MAC peuvent être adaptés à cet environnement ?

#### **Mise en place d'une preuve d'une PoC**

5. Concevoir et mettre en place une Preuve de Concept (en focalisant sur l'illustration du caractère autonome et adaptatif du réseau) en utilisant le matériel disponible. Préciser les paramètres de l'application (taille des messages, types/classes des devices, et de la couche physique et leur impact sur la qualité de service et la durée de vie réseau. Proposer une solution pour l'auto-organisation du réseau.

#### **Problème 4 : Solution de suivi de participants à un événement à large échelle.**

Pour un événement massif (des milliers de participants), l'organisateur recherche une solution pour identifier facilement l'emplacement des différentes délégations et aider toute personne en détresse.

La solution devrait être une combinaison de périphérique matériel et de données plateforme de visualisation / traitement.

##### **Contexte**

Les participants à cet événement sont soit très jeunes, soit souffrant d'un handicap mental.

- Ils viennent du monde entier, la plupart ne parlant pas la langue locale.
- Ils sont répartis dans plusieurs villes
- Ils passeront leur temps dans différents endroits de ces villes: hôtels, lieux d'événements, lieux de répétition, centres commerciaux, attractions touristiques,...

##### **Contraintes et expression des besoins**

- Le dispositif de suivi doit avoir deux fonctions principales :
  - Heartbeat: envoyer les informations de localisation (précision attendue: <100m) toutes les heures
  - Alerte: sur l'action de l'utilisateur, les informations de localisation (même précision) doivent être envoyées instantanément
- Aucun appariement ou configuration ne devrait être nécessaire de la part de l'utilisateur, qui choisira simplement l'appareil et le garde dans une poche.
- Les communications sans fil devraient fonctionner dans différents pays
- Les informations de localisation doivent être disponibles et exactes dans tous les emplacements prévus: à l'intérieur et extérieur (villes)
- La batterie doit être rechargeable, avec une autonomie d'une semaine en utilisation standard.
- La plate-forme de données doit avoir les fonctionnalités suivantes :
  - Accès sécurisé par un login (hyperviseur)
  - Affichage du dernier emplacement de tous les appareils sur une carte
  - Affichage de l'historique d'un appareil donné
- Relayer instantanément les alertes des utilisateurs vers l'hyperviseur (SMS, notification, ..)
- Les écrans sont disponibles au travers d'une application Web.
- La sécurité des données pendant le transport et le stockage est renforcée
- S'assurer que la législation sur la confidentialité des données est appliquée

##### **Mise en place d'une preuve d'une PoC**

Concevoir et mettre en place une Preuve de Concept en utilisant le matériel disponible. Préciser les paramètres de l'application (taille des messages, types/classes des devices, et de la couche physique et leur impact sur la qualité de service et la durée de vie réseau.

# **Livrables du projet**

**Date limite : le 5/2/2021**

## **Livrable 1 : Document de conception**

Il doit aborder les deux points principaux suivants:

**Partie 1:** conception de solution IoT: utilise des cas d'utilisation et l'architecture système

Cette partie apportera des réponses aux questions posées sur les choix conceptuels.

Elle permettra de décrire la solution proposée (au travers de cas d'utilisation, si besoin), Diagramme d'architecture système décrivant:

- Solution technique de détection de localisation sélectionnée
- Service de communication sans fil
- Solutions technologiques de stockage, de traitement et de visualisation des données

**Partie 2:** Spécification de la solution complète

Description des choix techniques effectués et des principaux algorithmes requis avec les sections suivantes (vous devez argumenter vos choix)

- Conception de réseau (s) : Technologies, sélection de matériel, Paramètres de protocole et informations sur les contenus transférés si nécessaire)
- Cadre IoT : Technologie (soit cloud / infrastructure propriétaire). Principaux éléments de conception des infrastructures.
- Traitement des données : Principales étapes de traitement des données, spécification de l'API et des algorithmes utilisés à cet effet.

## **Livrable 2 : PoC et ou Démo (à faire pendant les séances encadrées)**

Choisir de développer un sous ensemble du projet où une expérimentation visant à illustrer :

- Des fonctionnalités que vous jugez clés pour la faisabilité du projet
- L'impact de paramètres clés sur les performances de la solution

## **Ressources disponibles**

- Google, documentation Lopy, ...
- Accès aux Clouds : TTN, Orange LiveObjects.
- Matériel LoRA utilisé en TP
- Code source d'application de détection de proximité entre devices LTE développée sous Android dans le cadre du stage de 2A de Youssef Bali et Manal Azguenou (Manuel d'utilisation sur Moodle)