

[Date]

Rapport de stage

Banc d'essai des systèmes IoT



Musa HUSSEIN
ECAM

0. Remerciement

Pour pouvoir réaliser ce rapport de stage, j'ai eu la chance de bénéficier de l'aide de plusieurs personnes que j'aimerais remercier.

Je souhaite remercier, tout d'abord, mon maître de stage Kamal Mezgouti qui m'a permis d'être son stagiaire. Il m'a permis d'apprendre davantage sur le métier d'ingénieur que ce soit sur le plan moral ou encore intellectuel. Je me suis confronté à la réalité du monde du travail, ce qui se révèle être une nouvelle pédagogie pour moi. Kamal a réussi à m'encadrer de la meilleure des façons afin d'être dans les conditions les plus optimales possible.

Je voudrais aussi remercier Monsieur Mollet d'avoir été mon superviseur de stage mais également d'avoir été très disponible pour moi.

Je vous remercie de votre lecture et espère que vous aurez tout autant de plaisir à le lire que j'ai eu pour le rédiger.

Table des matières

0. Remerciement	1
1. Introduction.....	3
1.1. Objectif de stage :.....	3
2. Vue de l'entreprise.....	4
2.1. SNCB	4
2.2. Station	5
3. Projet	7
3.1. TPST	8
3.2. Banc d'essai	8
3.2.1. Visualisation.....	10
3.2.2. Technique	10
3.2.3. Communication	14
3.2.4. Choix Composants	16
4. Conclusion	22
5. Bibliographie.....	23
6. Table des figures.....	24

1. Introduction

Au cours de mon parcours en 2ème cycle d'ingénierie industrielle à l'ECAM, il m'a été assigné la tâche de rédiger un rapport de stage pour conclure mon stage d'insertion professionnelle. Ce stage constitue une étape cruciale pour nous, étudiants, car il nous offre l'opportunité de découvrir le quotidien des ingénieurs et d'acquérir une compréhension concrète du métier. En effet, cette expérience ne peut être reproduite au sein de l'établissement, d'où l'importance accordée par nos enseignants à la réalisation de ce stage.

Ma thématique, qui porte sur l'élaboration d'un banc de test des systèmes IoT dédié à la simulation des différentes installations techniques présentes dans les gares et bâtiments de la SNCB, constituera à la fois le sujet de mon stage et de mon travail de fin d'études (TFE). Ce rapport se concentrera principalement sur la phase initiale du TFE, à savoir l'étude du banc d'essai et la visualisation du projet dans son ensemble.

Ce rapport a été structuré en plusieurs parties. La première partie nous plongera dans l'entreprise en offrant ainsi un aperçu de son fonctionnement et de sa structure organisationnelle. Ensuite, nous aborderons plus en détail l'étude du banc d'essai et la conceptualisation du projet dans sa globalité.

1.1. Objectif de stage :

Après avoir entamé mon stage, j'ai dû rédiger une note d'activité avec mon maître de stage. Sur ce document, j'ai défini certains objectifs à atteindre.

Les Voici ci-dessous :

- s'intégrer à la SNCB, plus spécifiquement au sein du département B-ST2 (responsable de la gestion journalière de l'infrastructure de la SNCB (gare,...). Son rôle est axé sur la construction et l'exploitation)
- Familiarisation avec les projets en cours, plus spécifiquement avec le projet TPST (une grande interopérabilité entre la plateforme et les équipements donc être au niveau d'Hypervision)
- Lecture des fiches techniques de certains composants IoT (contrôleurs qui gèrent des installations techniques)
- Conception du banc d'essai des systèmes IoT dédiés à la simulation des différentes installations techniques (ascenseur, escalateur, porte automatique,...). à l'aide de PLC de simulation ou des boutons poussoir

2. Vue de l'entreprise.

Le terme "entreprise" est souvent utilisé de manière générale, ce qui peut prêter à confusion. Pour mieux cerner sa signification, nous devons l'aborder sous différents angles. Nous allons commencer par donner une explication de l'entreprise à laquelle nous appartenons, puis nous aborderons une description de notre département. Enfin, nous concluons par la présentation d'un organigramme permettant de visualiser l'équipe travaillant sur le projet au sein duquel je suis impliqué.

2.1. SNCB

La SNCB, abréviation de la Société Nationale des Chemins de Fer Belges, est une composante essentielle de l'organisation des chemins de fer belges, qui se divise en trois entités distinctes : la SNCB, HR Rail et Infrabel. L'État belge est l'actionnaire principal de cet ensemble. La SNCB assume le rôle d'organisateur et de commercialisateur des services ferroviaires en Belgique. Elle est également responsable de l'entretien et de la rénovation de ses infrastructures, incluant les bâtiments et les gares.

La structure organisationnelle de la SNCB comprend cinq directions opérationnelles, un comité de direction, un conseil d'administration, des services corporate et des filiales. Chacune de ces entités remplit des rôles spécifiques dans la gestion et le fonctionnement de la compagnie ferroviaire belge.

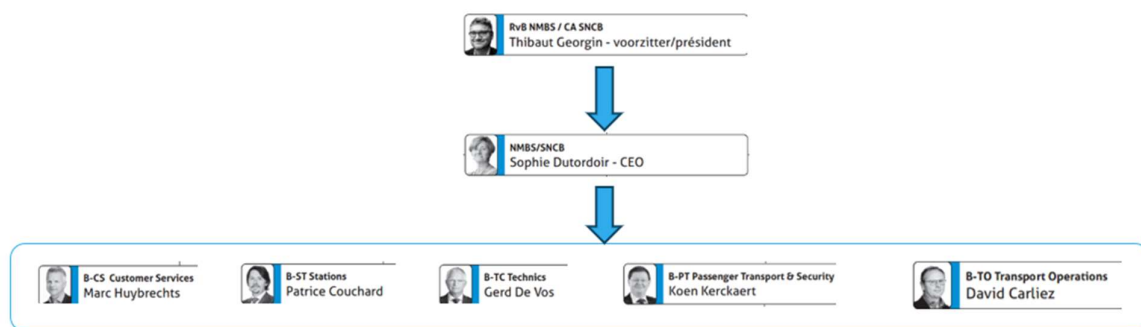


Figure 1- Organigramme head of SNCB

Cet organigramme nous permet de visualiser le président de la SNCB qui joue un rôle de gouvernance et de stratégie. Nous retrouvons également la CEO qui est chargée de la gestion opérationnelle et de la mise en œuvre de la stratégie de l'entreprise. De plus, nous pouvons identifier les cinq directions opérationnelles.

2.2. Station

Au sein des différentes directions opérationnelles de la SNCB, la direction Stations occupe une place centrale. Mon stage s'est déroulé au sein de ce département stratégique. La mission principale de la direction Stations est d'assurer la gestion quotidienne et l'entretien de l'ensemble de l'infrastructure ferroviaire de la SNCB, englobant les gares, les bâtiments, les parkings, et autres installations. Station est chargée de la valorisation du patrimoine immobilier de la SNCB, ainsi que de la gestion des concessions commerciales présentes dans ses installations.

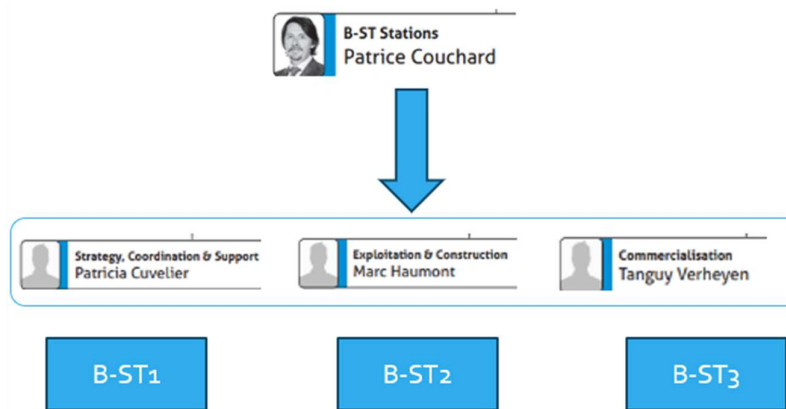


Figure 2- Organigramme Station

Voici un organigramme de la station qui nous permet de constater qu'elle est décomposée en trois sous-départements :

- « Strategy, Coordination & Support », connu sous l'acronyme B-ST1,
- « Exploitation & Construction », connu sous l'acronyme B-ST2,
- « Commercialisation », connu sous l'acronyme B-ST3.

Je me retrouve au sein de B-ST2 qui couvre à la fois la construction et l'exploitation des infrastructures, avec un accent particulier sur le développement et la modernisation des équipements pour répondre aux besoins changeants des voyageurs et des utilisateurs du réseau ferroviaire.

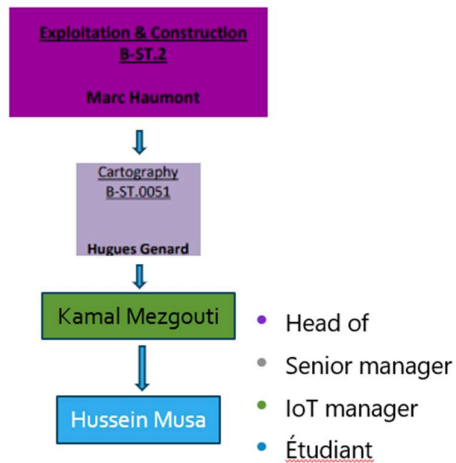


Figure 3- Organigramme relationnel

L'organigramme ci-dessus permet de visualiser ma relation avec mon maître de stage ainsi que ses supérieurs (N+1 et N+2).

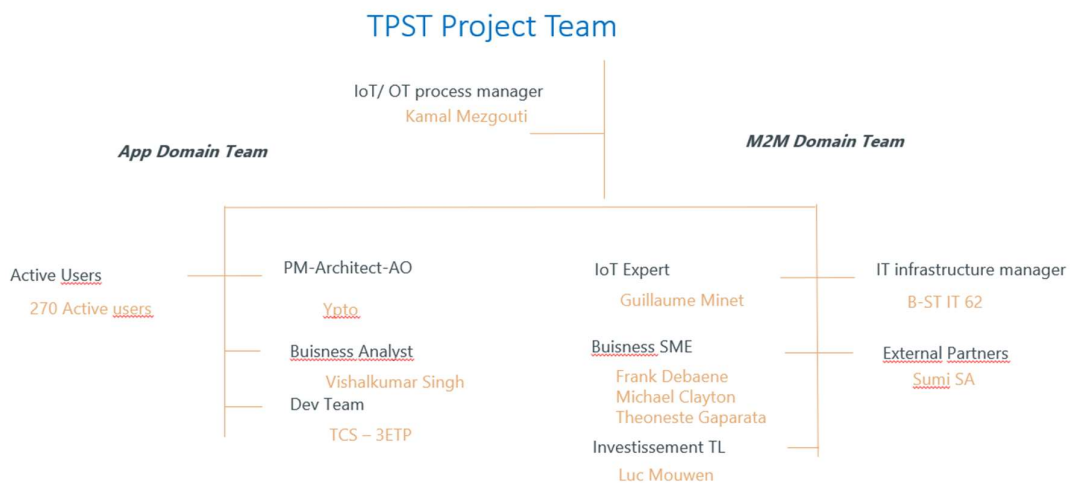


Figure 4- Organigramme TPST

Pour conclure, il a été intéressant de réaliser un organigramme de l'équipe TPST dans lequel mon stage et mon TFE auront un impact. Nous pouvons observer que l'organigramme est divisé en deux parties : le domaine de l'application et le domaine M2M.

Le domaine M2M est axé sur la communication entre les machines sans intervention humaine, permettant l'échange de données, de commandes ou d'informations.

Quant au domaine de l'application, il concerne les logiciels conçus pour les utilisateurs. Ces applications sont développées pour répondre aux besoins des utilisateurs en matière de communication, etc.

3. Projet

Dans les gares et bâtiments de la SNCB, des contrôleurs IoT sont déployés. Avant d'entreprendre l'explication du rôle de ces contrôleurs, il est essentiel de clarifier la notion d'IoT, ou Internet des Objets. L'IoT connecte des objets physiques à Internet, leur permettant de collecter, d'échanger des données et d'être contrôlés à distance. Les objets du quotidien deviennent ainsi communicants et interactifs, grâce à des capteurs et des dispositifs de connectivité sans fil. Les données collectées peuvent être analysées pour offrir de nouveaux niveaux de surveillance, de contrôle et d'automatisation dans divers domaines.

Ces automates sont connus sous le nom de PLC (contrôleurs logiques programmables) opérationnels, et ils sont installés pour collecter des données provenant d'installations techniques telles que les ascenseurs, les portes automatiques, les escaliers mécaniques, les compteurs, les pompes, ainsi que d'autres équipements. Il faut savoir que chaque installation technique a son propre contrôleur qui lui permet de gérer son fonctionnement. Les composants IoT déployés par la SNCB vont communiquer avec les PLC des installations techniques par le biais de sorties et d'entrées analogiques.

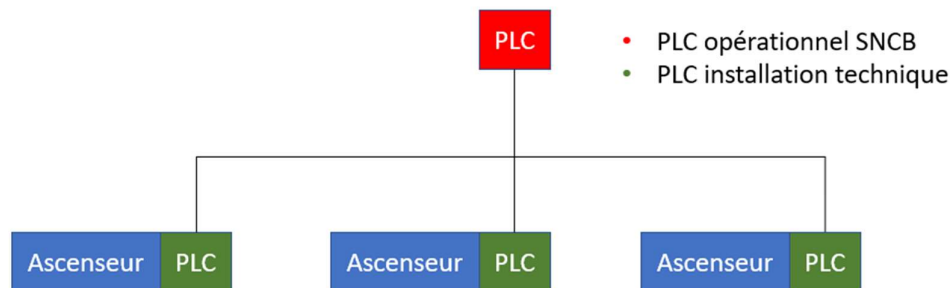


Figure 5- Schéma relationnel entre PLC opérationnel et PLC installation technique

Ce schéma nous permet de visualiser la connexion entre le PLC opérationnel et les PLC de nos différents ascenseurs.

3.1. TPST

La plateforme, qui assure le suivi de ces composants IoT, est appelée TPST, pour "Technical Plateforme Station". Elle permet une surveillance en temps réel de l'ensemble des équipements. Le terme "Hypervision" est utilisé pour désigner cette capacité à superviser de manière globale tous les systèmes en place. Cela nous confère une vision d'ensemble et une gestion efficace de nos infrastructures. Il faut savoir que TPST est un écosystème de deux domaines qui sont le machine to machine (M2M) et l'application.

Le but de cette plateforme est de devenir entièrement autonome en automatisant ses processus. Elle sera en mesure d'orchestrer la maintenance en détectant automatiquement les pannes sur les équipements de notre réseau. Les équipes de maintenance seront notifiées instantanément via une application dédiée. Cela permettra de minimiser les temps d'arrêt des équipements, ce qui peut être crucial pour certains types de voyageurs. Par exemple, en cas de dysfonctionnement des ascenseurs, cela peut être particulièrement problématique pour les personnes à mobilité réduite. Notre plateforme enverra une notification, déclenchant automatiquement la création d'un ticket. Ainsi, le temps d'intervention sera réduit et la réactivité augmentée de manière significative. De plus, nous pourrons assurer un suivi des équipements et de leur taux de disponibilité.

Cette plateforme aura également un impact écologique en permettant le suivi des compteurs d'énergie. Chaque magasin situé dans les infrastructures de la SNCB dispose de son propre compteur. Auparavant, la SNCB facturait selon un forfait, calculé sur une période d'un an en fonction de la consommation. Désormais, grâce au suivi en temps réel, nous pouvons surveiller leur consommation et automatiser le processus de facturation via la plateforme. De plus, nous avons une obligation gouvernementale en matière de réduction de la consommation énergétique, conforme à la norme ISO 5001.

3.2. Banc d'essai

La mise en place d'un banc d'essai nous aiderait à tester nos technologies IoT dans un environnement de simulation, car nous aurons des contrôleurs qui nous permettront de simuler des installations techniques. Cela est pratique car la SNCB ne devra pas arrêter une installation telle qu'un ascenseur, un escalier mécanique ou une porte automatique pour réaliser ces tests. De plus, la SNCB doit respecter un certain taux de disponibilité par rapport

à ces installations techniques. Nous pourrions alors évaluer l'impact que les différentes mises à jour des versions de nos composants IoT auront.

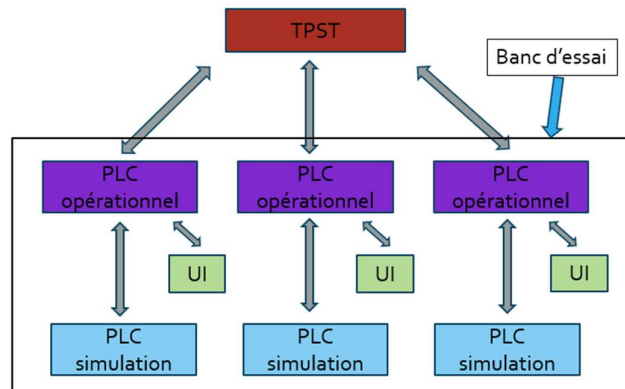


Figure 6- Schéma du contenu du banc d'essai

Ce schéma nous permet de visualiser la partie visée par ce banc d'essai. Nous comprenons alors ce que nous aurons : la TPST qui affichera les données provenant des PLC opérationnels, les PLC opérationnels qui auront pour rôle de collecter les données venant des PLC de simulation ou encore des boutons (UI), et les PLC de simulation qui simuleront ces installations techniques.

Elle va également améliorer la qualité de la TPST lors des mises à jour en simulant l'envoi de messages à la plateforme. Ainsi, nous pourrions anticiper les différents problèmes que l'on peut rencontrer et effectuer les ajustements nécessaires afin de garantir le bon fonctionnement de notre plateforme.

Nous continuerons à affiner la conception du banc d'essai en tenant compte des retours et des exigences spécifiques de notre projet.

3.2.1. Visualisation

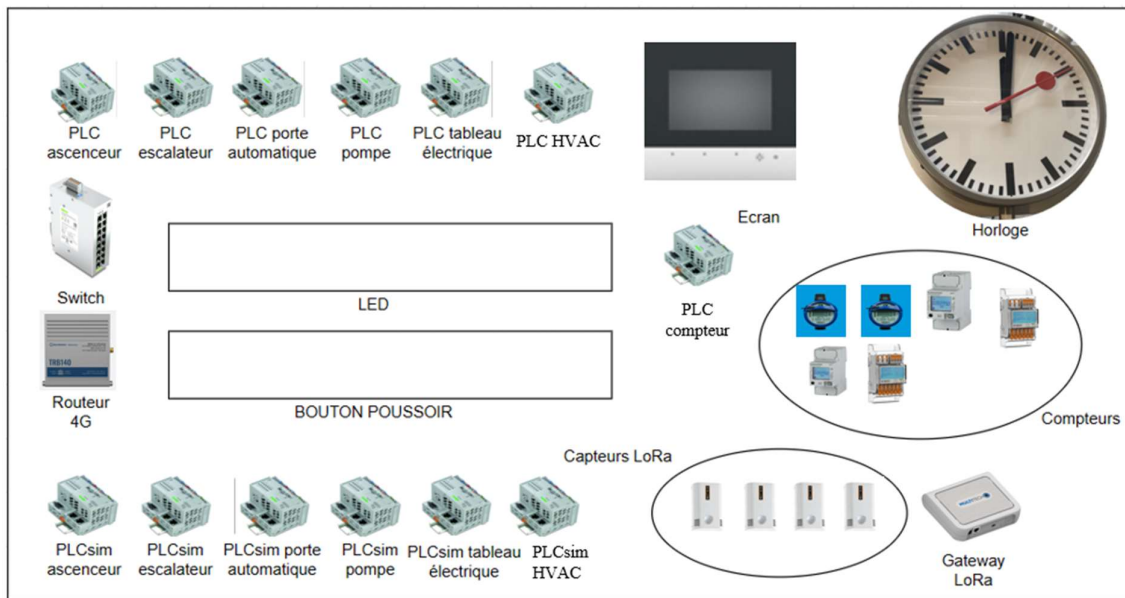


Figure 7- Visualisation du banc d'essai

Voici une première visualisation de notre banc d'essai. Comme vous pouvez le constater, nous avons tenté d'intégrer tous les composants matériels que l'on retrouve dans nos gares, bâtiments, et autres installations.

Nous avons pris en compte certaines contraintes de dimensionnement : le banc d'essai ne peut pas dépasser une hauteur de 2,5 mètres et une largeur de 2 mètres. De plus, sa mobilité est primordiale, c'est pourquoi nous prévoyons d'ajouter des pieds et des roulettes pour faciliter son déplacement.

3.2.2. Technique

Dans cette section, nous allons explorer le fonctionnement de notre banc d'essai, en mettant l'accent sur ses composantes principales et leurs interactions. L'objectif est de comprendre en détail comment ces éléments travaillent ensemble pour assurer le bon déroulement des essais.

3.2.2.1. PLC opérationnelle et PLC de simulation

Nous avons décidé d'incorporer un PLC de simulation dans notre banc d'essai pour émuler les différents états de nos installations techniques, notamment les ascenseurs, les escalators et les tableaux électriques. Chaque PLC de simulation sera dédié à reproduire le fonctionnement spécifique d'une de ces installations, permettant ainsi de créer des scénarios de test variés et réalistes. Ces PLC de simulation seront interconnectés à d'autres PLC opérationnels chargés

de collecter et de transmettre les données vers la plateforme TPST, assurant ainsi un flux continu d'informations pour l'analyse et la surveillance. Pour sélectionner un état spécifique à simuler, nous aurons accès à une interface interne intuitive du PLC de simulation, nous permettant de contrôler précisément les paramètres et les comportements des installations simulées. Cette approche nous offre une flexibilité et une précision accrues dans la modélisation des différents scénarios de test, contribuant ainsi à la fiabilité et à la pertinence de nos essais.

3.2.2.2. Bouton

Nous avons prévu d'intégrer des boutons poussoirs à notre banc d'essai pour permettre l'activation manuelle de la simulation. Pour ce faire, nous devons configurer deux modes distincts : manuel et automatique. Si nous disposons du temps nécessaire, nous mettrons en place cette configuration directement dans le PLC de simulation, offrant ainsi la possibilité de sélectionner le mode désiré via le PLC lui-même. Cependant, si le temps nous est compté, nous opterons pour une configuration alternative en utilisant un commutateur externe pour activer cette fonctionnalité. Cette approche nous assure une flexibilité dans la gestion de la simulation, tout en nous permettant de choisir la méthode la plus adaptée à nos contraintes de temps et de ressources.

3.2.2.3. LED

Nous avons l'intention d'incorporer un système de visualisation pour identifier quelles installations sont en cours de simulation sur notre banc d'essai. Dans cette optique, l'ajout de LEDs constitue une option particulièrement pertinente. Ces LEDs fourniront une représentation visuelle claire des installations en test, simplifiant ainsi les comparaisons et les analyses sur la plateforme TPST. Cette approche permettra à notre équipe de suivre rapidement et facilement l'état de chaque installation simulée, contribuant ainsi à une évaluation précise des performances et des résultats de nos tests.

3.2.2.4. Gateway (routeur)

Nous utiliserons une gateway pour accéder aux informations depuis nos PC et agir en tant que passerelle vers l'application. Cette gateway aura le même rôle qu'un routeur 4G et elle jouera un rôle crucial dans la connectivité et la gestion des communications IoT. Elle créera un

réseau privé auquel tous nos PLC opérationnels seront connectés, permettant ainsi la collecte et la transmission des données. De l'autre côté, Elle sera relié au réseau public, garantissant ainsi l'accessibilité depuis nos PC. De plus, la gateway gèrera le trafic réseau en déterminant le chemin le plus efficace pour les données à travers le réseau, assurant ainsi un fonctionnement fluide et efficace des communications IoT. Elle intégrera également des fonctionnalités de sécurité avancées, telles que des pare-feux et des systèmes de détection d'intrusion, pour protéger le réseau IoT contre les menaces potentielles.

3.2.2.5. Switch

Nous utiliserons un switch pour établir la connexion entre les divers dispositifs sur notre banc d'essai. Il agira comme le pivot central de la communication entre les PLC, les capteurs IoT et les routeurs. En effet, le switch aura pour rôle primordial de faciliter la distribution efficace du trafic réseau, assurant ainsi la transmission fluide des données entre les différents périphériques connectés. De plus, il permettra la segmentation du réseau, favorisant ainsi une organisation optimale et une gestion efficace du trafic. En agissant comme un point de convergence de connectivité, le switch contribuera à la mise en place d'une infrastructure réseau fiable et adaptable, cruciale pour le bon déroulement des essais sur notre banc d'essai.

3.2.2.6. Ecran

Nous utiliserons un écran à notre banc d'essai pour offrir la possibilité de visualiser directement la plateforme TPST, réduisant ainsi la nécessité de déplacements inutiles et l'obligation d'utiliser nos PC pour les vérifications. Cette initiative s'inscrit dans une logique d'optimisation de nos processus et de facilitation de l'accès aux informations cruciales pour nos essais. Donc, nous visons à améliorer la productivité et la fluidité de nos opérations de test, tout en offrant un environnement de travail plus ergonomique et plus convivial pour notre équipe. Capacité -> visualisation des PLC

3.2.2.7. Horloge

Nous utiliserons une horloge dans notre banc d'essai pour garantir une synchronisation temporelle, en alignement avec les horloges présentes dans toutes nos gares et bâtiments. Cette horloge fournira une référence temporelle fiable, assurant la cohérence des données et des événements simulés dans notre environnement de test. En offrant une synchronisation

précise des actions des dispositifs IoT et des équipements réels avec les scénarios de test, l'horloge contribuera à des essais efficaces et significatifs pour les installations de la SNCB.

3.2.2.8. Compteur

Nous avons prévu d'intégrer des compteurs à notre banc d'essai afin de simuler la consommation de nos installations présentes dans les gares et bâtiments. Ces compteurs seront connectés à un PLC dédié, ce qui nous permettra de suivre la consommation d'eau, de gaz, d'électricité et de chaleur de manière précise. Cette configuration nous offrira la possibilité de reproduire fidèlement les différents scénarios de consommation, permettant ainsi une évaluation approfondie des performances et des interactions des installations techniques.

Pour le compteur d'eau, nous mettrons en place un petit circuit dans lequel une pompe permettra de faire circuler de l'eau, nous permettant ainsi de suivre la consommation d'eau de manière précise.

Pour le compteur d'électricité, nous afficherons la consommation électrique de notre banc d'essai.

Cependant, pour nos compteurs de gaz et d'eau, cela risque d'être assez problématique. Nous aurons de l'eau en circulation sur notre banc d'essai, donc nous devons être attentifs à l'aspect sécurité. Quant au compteur de gaz, cette tâche est délicate car nous ne pouvons pas intégrer un circuit de gaz dans le banc d'essai également pour des raisons de sécurité. Par conséquent, nous avons opté pour une autre solution consistant à pulser manuellement de l'air directement vers le compteur de gaz. cela est compliqué car le débit pulsé par nous sera très faible. Il y a de fortes chances qu'il ne soit pas perçu par le compteur. Pour ces compteurs, nous allons voir s'il y a une possibilité de les intégrer de la meilleure des manières et surtout si le temps nous le permet.

3.2.2.9. Gateway + capteur LoRa

Nous prévoyons d'intégrer des capteurs IoT à notre banc d'essai, similaires à ceux que l'on trouve sur le terrain. Cette intégration nous permettra de réaliser des relevés de mesure directement depuis notre banc d'essai. Toutefois, pour assurer la connectivité de ces capteurs avec notre réseau, nous devons leur ajouter leur propre gateway. Cette gateway agira comme une passerelle, facilitant la communication entre les capteurs IoT et notre infrastructure réseau. Elle jouera un rôle central dans la centralisation des données collectées par les

capteurs, ce qui nous permettra d'avoir un accès facile et unifié à ces informations pour nos analyses et nos tests.

3.2.3. Communication

Afin de concevoir notre banc d'essai de manière optimale, il est essentiel de définir les différentes méthodes de communication que nous allons utiliser.

3.2.3.1. Entre PLC opérationnelle et PLC de simulation

Nous avons décidé d'utiliser des entrées et des sorties digitales comme communication entre chaque PLC opérationnel et chaque PLC de simulation sur notre banc d'essai. Cette approche est logique car nos PLC de simulation remplaceront directement nos installations techniques. Ainsi, la transmission de signaux simples est suffisante pour établir une communication efficace entre les PLC. Toutefois, il est important de prendre en compte que nos PLC de simulation auront des états internes différents, ce qui peut influencer le processus de communication et nécessiter une gestion appropriée pour garantir la cohérence des données et des interactions entre les différents composants du système.

3.2.3.2. Entre PLC compteurs et compteur

Pour notre PLC de simulation des compteurs et nos compteurs, nous avons choisi d'implémenter deux protocoles distincts pour répondre à nos besoins spécifiques et reproduire ce que nous avons sur le terrain.

Nous avons opté pour l'utilisation du protocole Modbus RTU, largement reconnu dans le domaine de l'automatisation industrielle. Le système Modbus RTU repose sur une architecture maître-esclave et peut être déployé selon différentes topologies, telles que linéaires, en étoiles et arborescentes. Dans notre cas, nous allons utiliser une topologie de bus de terrain. Le maître du système prend en charge la communication série en émettant des trames de données et en gérant les interactions avec les esclaves Modbus RTU, notamment les compteurs.

En parallèle, nous avons également choisi d'intégrer le protocole M-BUS pour certains de nos dispositifs. Le M-BUS est largement utilisé dans le domaine de la gestion énergétique pour sa simplicité et son efficacité. Il fonctionne également sur une architecture maître-esclave et supporte diverses topologies de réseau. Nous allons également le configurer selon une topologie de bus de terrain. Le maître M-BUS alimente le bus série et collecte les données

provenant des esclaves M-BUS, tels que les compteurs de chaleur, compteurs d'eau, compteurs électriques, compteurs de gaz, ainsi que divers capteurs et actionneurs. Ce protocole offre une solution économique pour la remontée des informations énergétiques, permettant au maître central de communiquer avec jusqu'à 250 participants par segment.

3.2.3.3. Entre la Gateway LoRa et les capteurs

Concernant les capteurs LoRa, nous nous retrouvons face à un terme LoRa complexe dans son explication. Pour mieux comprendre l'aspect LoRa, il faut faire la différence entre LoRa et LoRaWAN qui sont distingués mais liés. LoRa est une technologie de modulations d'ondes radios, son principe est la transmission de données au travers de capteurs à faible puissance d'émission et à la batterie très performante. Sur base de cette technologie, nous avons LoRaWAN (Wide-area-network) qui est un protocole de communication radio qui nous offre une communication à bas débit entre les objets connectés.

En comparaison avec d'autres technologies de communication sans fil, telles que le Wi-Fi et le réseau cellulaire, les capteurs LoRa offrent plusieurs avantages distincts. Contrairement au

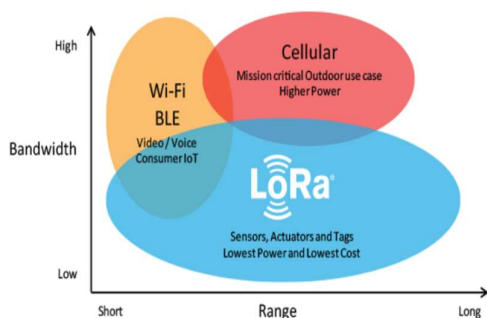


Figure 8 - Comparaison entre les technologies de communication sans fil

Wi-Fi, qui est conçu pour des applications à courte portée et à haut débit, les capteurs LoRa permettent des communications à longue portée avec une consommation d'énergie réduite, ce qui les rend idéaux pour les applications IoT distribuées sur de vastes territoires. De même, par rapport au réseau cellulaire, qui nécessite une infrastructure complexe et coûteuse, les capteurs LoRa offrent une solution plus

économique et plus flexible pour la connectivité IoT, en particulier dans les zones où la couverture cellulaire est limitée ou inexistante. En outre, la technologie LoRa permet une utilisation efficace du spectre radioélectrique en utilisant des bandes de fréquences libres de licence, offrant ainsi une solution attrayante pour les déploiements à grande échelle.

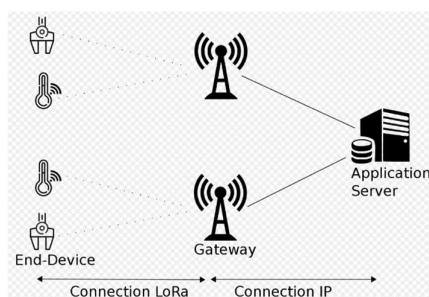


Figure 9- Architecture LoRa

Son architecture repose sur un lien direct entre le capteur et la passerelle via une connexion LoRa en topologie étoile. Une fois la demande perçue, il faut la transmettre à notre application serveur. La communication se fera au

moyen d'un protocole IP via Ethernet ou via le réseau cellulaire, permettant ainsi une connectivité flexible et adaptée aux différentes infrastructures réseau disponibles.

3.2.3.4. Entre le Switch et les PLC opérationnelles/routeur 4G

Nous savons que les ports de notre switch sont de type RJ-45. De plus, nous devons communiquer avec les PLC via un adressage IP. Par conséquent, nous avons choisi d'utiliser un câble Ethernet pour assurer cette connexion.

3.2.3.5. Entre les Boutons/LEDs et les PLC opérationnelle

Nous allons utiliser des entrées digitales (DI) pour les boutons et des sorties digitales (DO) pour les LEDs dans la communication avec les PLC opérationnelles. Cette approche est logique car elle nous permet de recevoir un signal lorsque l'état d'un PLC est établi, tout en nous permettant de forcer un état en appuyant sur le bouton.

3.2.4. Choix Composants

Le choix des composants s'est fait en fonction des équipements intégrés au sein des bâtiments et des gares de la SNCB. Cependant, certains ont été sélectionnés spécifiquement pour ce banc d'essai pour diverses raisons.

3.2.4.1. Capteur LoRa



Figure 10- Capteur de qualité de l'air Vaqa'O+

Le capteur LoRa, dont nous avons précédemment discuté, est le Vaqa'O+ de la marque Watteco. Ce dispositif mesure divers paramètres de l'air ambiant tels que la température, l'humidité relative, la pression atmosphérique, ainsi que la concentration en composés organiques volatils et en dioxyde de carbone. Il surveille également la qualité de l'air intérieur en détectant la luminosité et les mouvements des personnes dans la pièce. Pour transmettre ces données, il utilise le réseau de radiofréquence LoRaWAN.

3.2.4.2. Gateway LoRa



Figure 11- Gateway LoRa MTCAP-L4E1

La passerelle LoRa, qui jouera le rôle d'intermédiaire entre notre réseau et nos capteurs LoRa, est le MTCAP-L4E1 de la marque MultiTech. Ce dispositif utilise également le protocole LoRaWAN pour établir une connectivité robuste avec une multitude d'appareils IoT. Il offre une portée étendue de son réseau LoRa vers des endroits difficiles à atteindre pour les déploiements standards. Cette passerelle intègre un serveur LoRa et un transmetteur de paquets pour assurer une connectivité optimale des différents actifs regroupés sur un réseau LoRaWAN privé. Elle propose également une connectivité Ethernet ou une liaison 4G-LTE IP optionnelle pour offrir une flexibilité dans son déploiement.

3.2.4.3. PLC



Figure 12- PLC PFC200

Les automates programmables (PLC), qui seront utilisés sur le banc d'essai, sont les PFC200 de la marque WAGO. Ce sont les PLC les plus largement déployés sur le terrain, ce qui en fait un choix à la fois réaliste et judicieux. Les PFC200 offrent deux ports RJ-45 permettant deux connexions Ethernet, ainsi qu'une compatibilité avec le RS-232/485. De plus, ils offrent la possibilité d'une visualisation web. En ce qui concerne les langages de programmation, ces PLC respectent la norme CEI 61131-3, qui est une norme industrielle de la Commission

électrotechnique internationale. Leur système d'exploitation est basé sur Linux temps réel.
(Pour le reste des spécification technique, consulter la fichie technique en annexe)

3.2.4.4. Écran



Figure 13- Écran e!Display

L'écran sélectionné pour le banc d'essai est le panneau Web e!DISPLAY de WAGO. Ce dispositif, un HMI (Interface Homme-Machine), est équipé d'un écran tactile résistif qui offre une interaction facile. Les LED d'état intégrées fournissent des indications visuelles claires sur l'état de fonctionnement et le retour d'informations en temps réel, facilitant ainsi le suivi des processus industriels.

Via une interface de paramétrage personnalisée, la configuration et la mise en service des panneaux Web sont simplifiées, cela permet d'avoir une adaptation précise aux besoins spécifiques du système. Cette interface intuitive offre une gestion efficace des fonctionnalités, garantissant ainsi une utilisation optimale de l'écran dans diverses applications industrielles.

Cet écran est également doté de technologies avancées telles que HTML5, garantissant des visualisations modernes et dynamiques. Il offre une compatibilité étendue avec les logiciels e!COCKPIT basé sur CODESYS V3 et CODESYS V2, assurant ainsi une intégration harmonieuse avec les systèmes de contrôle WAGO. Cet écran est disponible en différentes tailles, et le modèle sélectionné pour le banc d'essai est celui de 10,1 pouces, mesurant approximativement 293x223x58 mm.

3.2.4.5. Routeur



Figure 14- Gateway TRB140

Le routeur, qui va être utilisé sur ce banc d'essai, sera en fait la gateway TRB140 de Teltonika. Ce dispositif offre les mêmes options qu'un routeur 4G classique, telles qu'une connectivité 4G/LTE (Cat 4), 3G, 2G et Ethernet Gigabit. Cet élément IoT est ultra-petit, léger et économe en énergie. Son environnement Linux lui confère une grande possibilité de personnalisation. Cette gateway est un composant que l'on retrouve assez souvent au sein de l'infrastructure de la SNCB.

3.2.4.6. Switch



Figure 15- Switch industriel

Le switch qui sera utilisé sur notre banc d'essai est le switch industriel 852-1816 ETHERNET de WAGO. Ce dispositif offre la possibilité de connecter jusqu'à 16 ports, ce qui est pratique étant donné que nous avons besoin d'une multitude de connexions. Nous pouvons également gérer le réseau grâce à des fonctionnalités telles que la segmentation du réseau selon IEEE802.1Q (l'IEEE est un comité de normes) avec un maximum de 5 VLAN, l'authentification des participants au réseau selon IEEE802.1X, les fonctions de pare-feu et la sécurité des ports.

3.2.4.7. Compteur



A digital scale with a white plastic body and a black display screen. The screen shows the number 0.000990 with 'kg' below it. The brand name 'PLSOCOM' and 'COUNCIL' are visible on the top left of the scale.

20

Les compteurs monophasés qui seront sur notre banc d'essai sont de la marque SOCOMEC et WAGO. Pour chaque compteur des deux marques, nous aurons un en MODBUS et un en M-BUS. Ces compteurs sont des compteurs d'énergie et permettent la visualisation de différentes puissances telles que kWh, KVARh ou encore KVA à travers un écran LCD. Celui de la marque WAGO permet également de visualiser la fréquence du réseau, ce qui peut être intéressant dans certains cas. Nous avons choisi ces compteurs car la SNCB a des accords avec les deux marques.

3.2.4.8. Horloge



Figure 19- Horloge analogique WESTERSTRAND

L'horloge qui sera sur notre banc d'essai est l'horloge analogique – GPRS de WESTERSTRAND. Ce dispositif est directement connecté à Internet via une gateway TRB140. Son heure est donc synchronisée avec celle des serveurs de la SNCB et elle communique directement avec la TPST pour envoyer ses messages d'erreur, grâce à son système embarqué. Nous l'avons choisie car elle est en contrat direct avec la SNCB et c'est celle que l'on retrouve au sein de toutes nos gares et bâtiments.

4. Conclusion

Pendant ces 6 semaines de stage, j'ai eu l'opportunité d'apprendre énormément, que ce soit en travaillant aux côtés de mon maître de stage, en collaborant avec le reste de l'équipe, ou encore en interagissant avec des sociétés externes. Cette expérience m'a offert une perspective concrète de la réalité du monde professionnel, aussi bien sur le plan moral que technique. Elle a été extrêmement enrichissante pour moi.

Comme cité précédemment, tous les objectifs ont été atteints. J'ai pu m'intégrer à la SNCB, plus spécifiquement au sein du département B-ST2 avec l'équipe travaillant sur le projet en cours TPST. De ce fait, je me suis également familiarisé avec le projet TPST en comprenant son utilité, son fonctionnement, etc. J'ai dû lire des fiches techniques de certains composants IoT afin de pouvoir conceptualiser le banc d'essai des systèmes IoT dédiés à la simulation des différentes installations techniques.

Ce stage représente l'avant-projet pour le TFE. Dans un premier temps, les spécifications techniques du projet devront être affinées en créant des schémas électriques de position, de câblage, ainsi qu'un plan en 2D du banc d'essai. Une liste détaillée des composants sera faite pour faciliter la transmission des informations à l'équipe chargée de la construction du banc d'essai. Nous devrions ensuite présenter cela pour obtenir l'approbation des superviseurs. Après la prise en compte des éventuelles modifications, celles-ci seront transmises au prestataire. Pendant que l'équipe s'occupera de la construction du banc d'essai, l'accent sera mis sur la programmation des PLCs. Si le calendrier le permet, la réception du banc d'essai sera supervisée, les programmes développés seront testés et la mise en service sera réalisée.

5. Bibliographie

Documentation :

<https://www.belgiantrain.be/fr/about-sncb/enterprise/management-structure/directions/stations>

[Home \(belgianrail.be\)](https://www.belgianrail.be/) (être connecté au réseau SNCB)

[https://www.sap.com/belgique/products/artificial-intelligence/what-is-
iot.html#:~:text=L'Internet%20des%20objets%20\(IoT\)%20est%20un%20r%C3%A9seau%20d,l'industri
e%20\(IIoT\).](https://www.sap.com/belgique/products/artificial-intelligence/what-is-
iot.html#:~:text=L'Internet%20des%20objets%20(IoT)%20est%20un%20r%C3%A9seau%20d,l'industri
e%20(IIoT).)

<https://www.picomto.com/m2m-et-iot-quelle-est-la-difference/>

https://en.wikipedia.org/wiki/Application_domain

<https://www.semtech.fr/lora>

[https://www.catspowerdesign.fr/actualites/reseau-lora-
benefices#:~:text=LoRa%20\(Long%20Range%2C%20C2%AB%20longue,le%20domaine%20des%20s
emi%2Dconducteurs.](https://www.catspowerdesign.fr/actualites/reseau-lora-
benefices#:~:text=LoRa%20(Long%20Range%2C%20C2%AB%20longue,le%20domaine%20des%20s
emi%2Dconducteurs.)

<https://fr.wikipedia.org/wiki/LoRaWAN>

Choix des composants :

<https://www.watteco.fr/produit/capteur-vagao-plus-lorawan/>

<https://multitech.com/product/conduit-ap4g-lte-cat-4-access-pointeurope-united-kingdom/>

[https://www.wago.com/fr/contr%C3%B4leur/contr%C3%B4leurs-pfc200/p/750-8202_000-
011#description](https://www.wago.com/fr/contr%C3%B4leur/contr%C3%B4leurs-pfc200/p/750-8202_000-
011#description)

[https://www.wago.com/be-fr/technique-d-apos-automatisation/d%C3%A9couvrir-les-panneaux-
tactiles/panneaux-web](https://www.wago.com/be-fr/technique-d-apos-automatisation/d%C3%A9couvrir-les-panneaux-
tactiles/panneaux-web)

<https://teltonika-networks.com/products/gateways/trb140>

<https://www.wago.com/global/industrial-switches/lean-managed-switch/p/852-1816#details>

<https://www.multical.hu/upload/files/WiredMbus-water.pdf>

<https://www.socomec.fr/fr/p/countis-e1x>

[https://www.conrad.fr/fr/p/wago-879-3000-4pu-compteur-d-energie-monophas-numerique-65-a-
conformite-mid-oui-1-pc-s-2436019.html](https://www.conrad.fr/fr/p/wago-879-3000-4pu-compteur-d-energie-monophas-numerique-65-a-
conformite-mid-oui-1-pc-s-2436019.html)

<https://www.westerstrand.be/fr/realisations/wevelgem-la-gare-de-wevelgem>

6. Table des figures

Figure 1- Organigramme head of SNCB.....	4
Figure 2- Organigramme Station	5
Figure 3- Organigramme relationnel	6
Figure 4- Organigramme TPST	6
Figure 5- Schéma relationnel entre PLC opérationnel et PLC installation technique.....	7
Figure 6- Schéma du contenu du banc d'essai	9
Figure 7- Visualisation du banc d'essai.....	10
Figure 8 - Comparaison entre les technologies de communication sans fil	15
Figure 9- Architecture LoRa	15
Figure 10- Capteur de qualité de l'air Vaqa'O+.....	16
Figure 11- Gateway LoRa MTCAP-L4E1	17
Figure 12- PLC PFC200	17
Figure 13- Écran e!Display	18
Figure 14- Gateway TRB140	19
Figure 15- Switch industriel.....	19
Figure 16- Compteur d'eau flowIQ 2101	20
Figure 17- Compteur monophasé WAGO.....	20
Figure 18- Compteur monophasé SOCOMEC.....	20
Figure 19- Horloge analogique WESTERSTRAND.....	21