

Année académique 2015/2016

Étude de faisabilité d'une plateforme stress test dans le cadre du projet DICE

Infrabel - du 28/03 au 9/05 2016

Alonso Sylvain

3^{ème} Bachelier Ingénieur Industriel - Génie Électrique

Maître de stage:

Ing. Cédric Cecotti

Enseignant superviseur:

Dr Ir. Sébastien Combéfis

Table des matières

Introduction	3
1 Présentation de l'entreprise	4
1.1 Structure des chemins de fer belges	4
1.1.1 La SNCB	4
1.1.2 HR Rail	5
1.1.3 Infrabel	5
1.2 Section I-ICT (Infrabel)	5
1.2.1 ICT Networks (I-ICT.1)	6
1.2.2 Les autres services	6
2 Notions théoriques	8
2.1 Le GSM-R	8
2.1.1 Histoire	8
2.1.2 Architecture et fonctionnement du réseau	8
2.1.3 Utilisateurs	9
2.1.4 Services	10
2.2 Le projet DICE (Departure In a Controlled Environment)	10
2.2.1 Procédure actuelle de départ des trains	10
2.2.2 La solution apportée par DICE	11
2.2.3 Architecture de DICE	12
3 Tâches réalisées	13
3.1 Stress test	13
3.2 Sonde GSM-R	15
Conclusion	17
Liste des figures	18
Bibliographie	19
Annexes	20

Liste des acronymes

BSC Base Station Controller
BSS Base Station Subsystem
BTS Base Transceiver Stations
BTS Base Transceiver Station
DICE Departure In a Controlled Environment
DSI Distributed Signaling Interface
EBP Elektronische Bedieningspost
ECTS European Train Control System
FN Functional Numbers
GSM Global System for Mobile communications
GSM-R Global System for Mobile communications - Railways
HTTP Hypertext Transfer Protocol
I-ICT Infrabel – Information and Communication Technology
IP Internet Protocol
MAP Mobile Application Part
MS Mobile Station
MSC Mobile service Switching Center
OT Opération terminée
PRI Primary Rate Interface
REC Railway Emergency Call
Rép ES RépétiteurElectricitéSignalisation
SDH Synchronous Digital Hierarchy
SIM Subscriber Identity Module
SNCB Société nationale des chemins de fer belges
SSH Secure Shell
TCC Traffic Control Center
UIC Union Internationale des Chemins de fer
UPS Uninterruptible Power Supply
USSD Unstructured Supplementary Service Data
VBS Voice Broadcast Service
VGCS Voice Group Call Service

Introduction

Dans le cadre de la 3ème année de Bachelier en sciences industrielles à l'ECAM, nous sommes amenés à réaliser un stage d'immersion en entreprise d'une durée de 6 semaines, ce dernier ayant pour objectifs de nous familiariser au travail quotidien de l'ingénieur et de nous insérer dans l'entreprise par la participation à un ou plusieurs projets concrets.

Pour ma part, j'ai effectué ces quelques semaines en binôme avec Antoine Vander Meiren au sein du département I-ICT d'Infrabel à Bruxelles (Rue des deux Gares, 82). Il s'agit de la société gestionnaire de l'infrastructure ferroviaire belge dont je parlerai plus en détail dans la première partie de ce rapport.

La seconde partie sera quant à elle consacrée au GSM-R, un standard de communication sans fil basé sur le GSM et développé spécifiquement pour les applications et les communications ferroviaires. J'y introduirai également le projet DICE dans le cadre duquel nous avons imaginés une plateforme de stress test.

Je parlerai ensuite des deux projets auxquels nous avons pu prendre part, à savoir l'étude de la plateforme introduite ci-dessus et la création de la partie hardware d'une sonde permettant de donner une information sur la qualité et la couverture du réseau GSM-R. Ces deux projets se sont déroulés dans le même département mais avec des personnes de contact différentes, ce qui nous a permis de rencontrer pas mal d'ingénieurs et autres.

Pour conclure, je vous présenterai mon vécu de ce stage ainsi que ce que j'ai appris et découvert sur le métier de l'ingénieur et sur Infrabel.

Remerciements

Avant d'entrer dans le vif du sujet, je tiens à remercier Cédric Cecotti pour sa disponibilité et ses bons conseils durant ces six semaines. Je tiens également à remercier l'ensemble du personnel du département I-ICT 1 et plus particulièrement Philippe Zimmer, Thomas Claes, Jérémy Furlan et Catherine Houbion qui nous ont aidé tout au long de notre stage.

Partie 1

Présentation de l'entreprise

Tout le monde a déjà entendu parler de la SNCB et d'Infrabel mais il n'est pas toujours évident de faire la distinction entre ces 2 sociétés.

Dans cette partie, je vais donc parler des chemins de fer nationaux afin de mieux comprendre le rôle d'Infrabel ainsi que sa position par rapport à la SNCB et la place qu'occupe le service qui nous a accueilli.

1.1 Structure des chemins de fer belges

Entre 1926 (création de la SNCB) et 2005 les chemins de fer belges formaient une unité. En 2005, les activités ont été réparties entre trois entreprises autonomes, à savoir la SNCB-Holding, la SNCB et Infrabel. (figure 1.1)

C'est au début de l'année 2013 que le gouvernement fédéral a décidé de simplifier la structure tripartite des chemins de fer belges. Il en a résulté un modèle à deux têtes avec d'un côté la SNCB¹, opérateur ferroviaire transportant les voyageurs et les marchandises et de l'autre côté Infrabel, gestionnaire de l'infrastructure. Notons également l'apparition d'une nouvelle filiale dénommée HR Rail, chargée de la gestion du personnel et de son recrutement. (figure 1.2) [1]

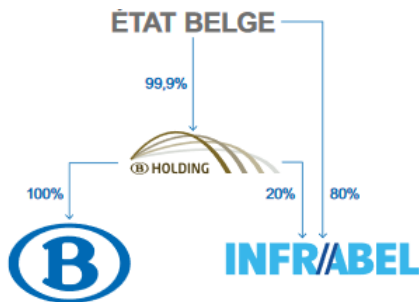


Figure 1.1: Structure 2005-2013*

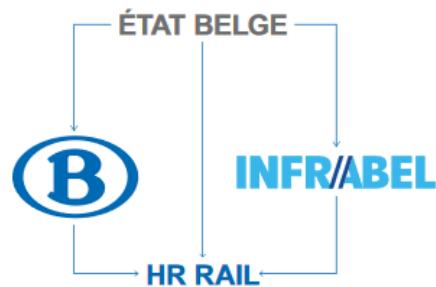


Figure 1.2: Nouvelle structure des Chemins de fer belges*

*Les flèches désignent la possession d'actions

1.1.1 La SNCB

Comme introduit précédemment, la SNCB a pour mission de gérer tout ce qui concerne les voyageurs ainsi que les communications avec ces derniers. Elle est divisée en trois parties distinctes [2] :

- **SNCB Mobility** : Cette partie s'occupe du trafic des voyageurs, de la gestion des gares ainsi que des formations du personnel travaillant dans les gares et trains;
- **SNCB Europe** : Cette partie s'occupe de l'organisation des trains internationaux ainsi que des différents aspects de la vente de leurs tickets;
- **SNCB Technics** : Cette partie s'occupe de la gestion, de l'entretien et de la modernisation des trains.

¹Résulte de la fusion entre la SNCB-Holding et sa filiale, la SNCB

1.1.2 HR Rail

C'est l'employeur juridique de l'ensemble du personnel des Chemins de fer. Il recrute donc chaque année des nouveaux collaborateurs pour les Chemins de fer belges et veille à ce que le statut du personnel et la réglementation complémentaire soient correctement appliqués.

1.1.3 Infrabel

La société Infrabel est quant à elle le gestionnaire de l'infrastructure et l'exploitant des chemins de fer belges. Cette société construit, entretient et modernise l'infrastructure sur le réseau ferroviaire. Elle guide également tous les trains qui roulent sur son réseau. [3]
Cette dernière est composée de différentes sections dont : [4]

- **Traffic Management and Services:** Sa mission est de gérer au quotidien le trafic ferroviaire. Elle doit aussi distribuer la capacité du réseau et veiller à la ponctualité du trafic ferroviaire;
- **Asset Management :** Ils gèrent les éléments de l'infrastructure afin de pouvoir les renouveler si nécessaire, permettant ainsi d'éviter des problèmes sur les différentes lignes. Ils inspectent donc le terrain, effectuent des maintenances et supervisent la logistique;
- **Build :** Ils construisent et modernisent les lignes ferroviaires. Ils gèrent également tous les projets contribuant à l'avenir du réseau de chemin de fer;
- **Finance and business administration :** Ils gèrent les finances, les informations juridiques ainsi que les différents dossiers d'achats;
- **HR and organisation:** Ce sont les ressources humaines. Ils gèrent les recrutements, les carrières, les différentes formations, les liens avec les collaborateurs, ... Ils effectuent tout ce travail en collaboration avec HR Rail.
- **Corporate and Public Affairs :** Ils s'occupent de la communication interne et externe;
- **Information and Communication Technology :** Ils apportent des solutions pour tout ce qui a un rapport avec l'informatique et les télécommunications. Ayant réalisé mon stage dans cette section, elle fera l'objet du prochain point de ce rapport.

1.2 Section I-ICT (Infrabel)

Comme introduit ci-dessus, c'est dans l'unité Information and Communication Technologies (ICT) d'Infrabel que j'ai effectué mon stage. Cette dernière est responsable de la conception, de la gestion, de la fourniture et du maintien des composantes informatiques et des télécommunications. Elle s'occupe de différentes choses comme[5] :

- La sécurité (Infrabel = safety first);
- La supervision du Global System for Mobile communications - Railways (GSM-R);
- La ponctualité et la capacité du trafic;
- La gestion financière.;
- La gestion du site internet.

Contrairement à ce que l'on pourrait penser, cette unité est très importante. Elle comporte à elle seule environ 1/6 des employés d'Infrabel, soit près de 1300 personnes.

Pour ce faire, cette unité est divisée en 5 services (figure 1.3) :

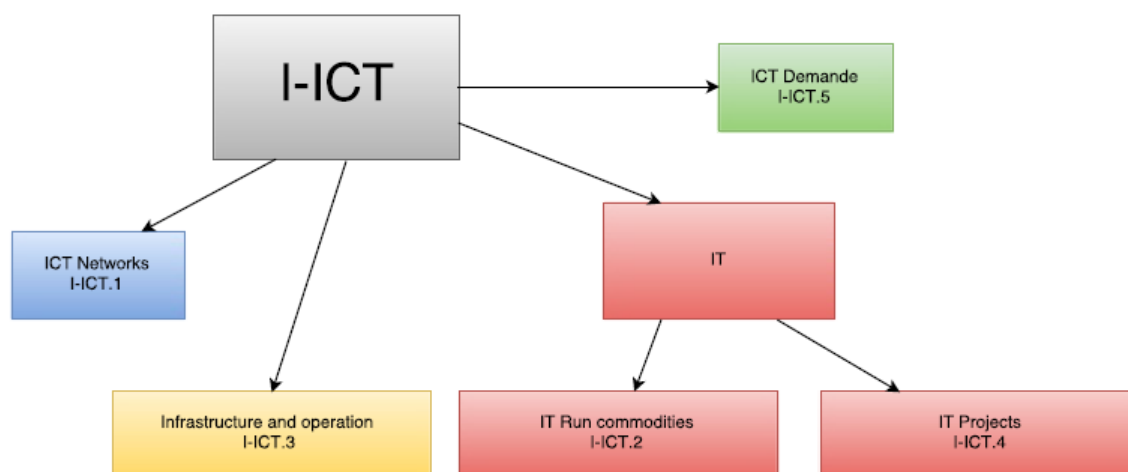


Figure 1.3: Organisation de I-ICT

1.2.1 ICT Networks (I-ICT.1)

C'est précisément dans ce service que nous avons effectué notre stage, c'est pourquoi j'ai décidé de plus en parler via quelques chiffres et de plus amples informations.

Ce dernier est composé de 150 employés répartis en 10 bureaux chargés de concevoir, déployer et gérer différentes choses en collaboration avec le département "Infrastructure and operations" dont :

- Le GSM-R;
- Les caméras de surveillance;
- La sécurité dans les tunnels;
- La sonorisation en gare;
- Les systèmes radio;
- Les systèmes de détection et d'extinction d'incendie;
- Les systèmes de détection d'intrusions;
- Les systèmes de contrôle d'accès;
- Le système de fourniture des informations en temps réel concernant le trafic;
- Le réseau de transmission de données de câble à fibre optique
- Le réseau IP

Le personnel d'I-ICT.1 s'occupe également des 500 Base Transceiver Stations (BTS) qui ont été déployées pour le GSM-R afin de couvrir les 3200 km de lignes, permettant ainsi d'avoir des communications sécurisées et fiables.

1.2.2 Les autres services

Les autres services de la section I-ICT sont eux aussi très importants. Nous y retrouvons :

- **Information Technology (IT) Run and commodities (I-ICT.2):** Ils gèrent et maintiennent les applications informatiques, que ça soit au niveau performance, disponibilité des applications, de la bureautique ou autres. Ils veillent à avoir une performance et une disponibilité maximale pour les systèmes informatiques. Ils fournissent aussi des plateformes afin de travailler avec des collaborateurs;
- **Infrastructures and operations (I-ICT.3):** Ils déploient, gèrent et réparent l'infrastructure ICT. Ce sont eux qui font les interventions sur site;

- **IT Projects (I-ICT.4):** Ils réalisent les nouveaux projets IT: ils intègrent les applications achetées sur le marché, effectuent des développements personnalisés ou adaptent des systèmes commerciaux IT;
- **ICT Demand (I-ICT.5):** Ils gèrent les demandes ICT et assurent le support administratif : ils gèrent les demandes internes ou externes, préparent les budgets et gèrent la sécurité informatique ainsi que les capacités de production.

J'ai réalisé un organigramme plus complet de la structure d'Infrabel (figure 2.4) en guise de conclusion pour cette première partie. J'y ai représenté les personnes avec lesquelles nous sommes le plus rentré en contact ainsi que quelques chefs de service/section. Je nous ai aussi représenté dans ce dernier afin de pouvoir mieux situer la place que nous avons occupé durant ces 6 semaines.

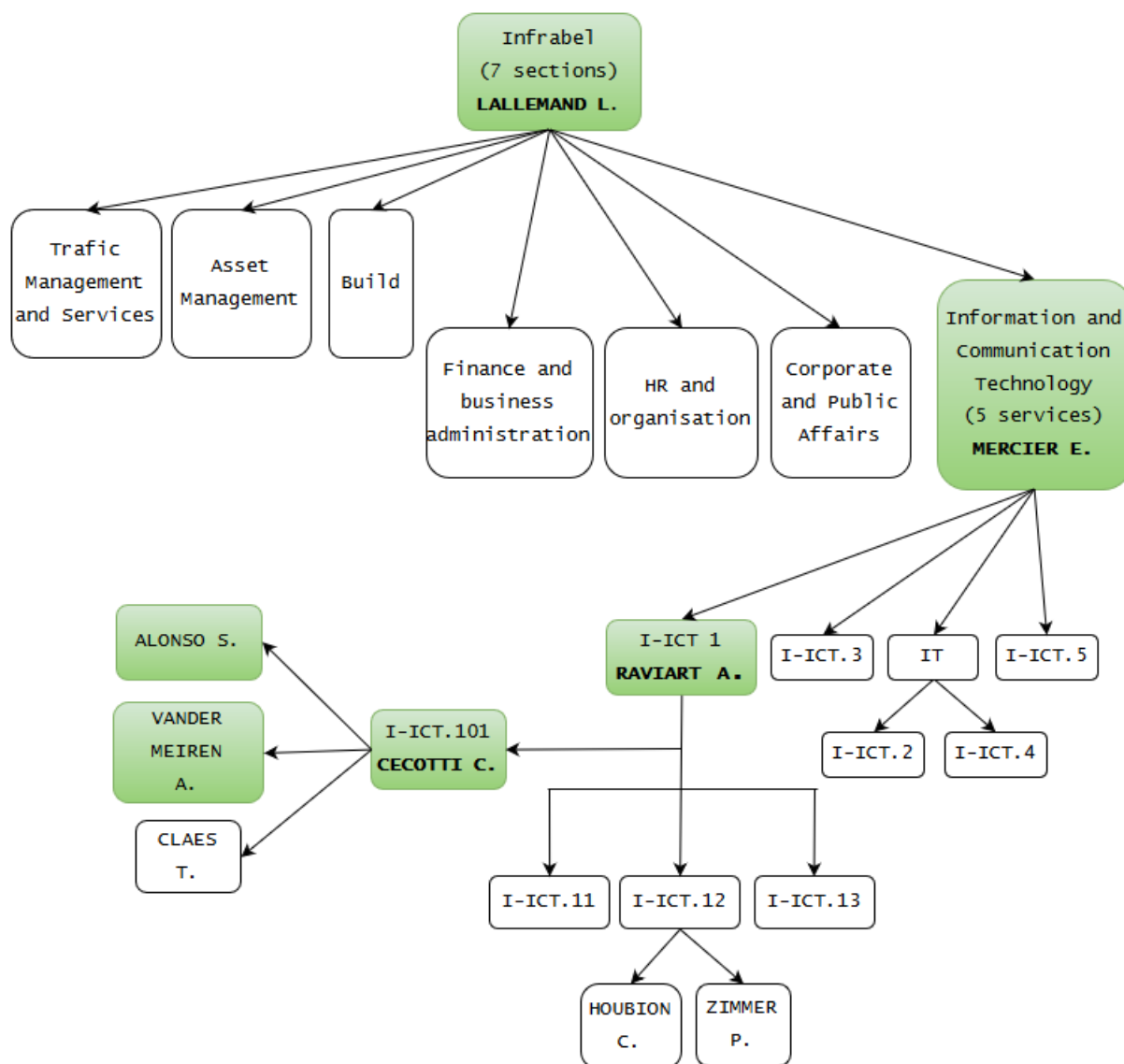


Figure 1.4: Organigramme Infrabel

Notions théoriques

Comme j'ai déjà pu en parler, l'objectif principal de ce stage a été d'imaginer un outil permettant de tester (stress test) un composant du projet DICE. Avant de commencer à en parler, il est important d'introduire le réseau GSM-R ainsi que le projet en lui-même.

2.1 Le GSM-R

2.1.1 Histoire

Il n'y a pas si longtemps, des réseaux radio ferroviaires analogiques existaient dans chaque pays.¹ Ces derniers étant incompatibles entre eux, il a été nécessaire pour les nombreuses compagnies ferroviaires européennes de collaborer entre elles afin de mettre en place une plateforme de communication unique. C'est de cette collaboration de plus de 10 ans qu'est né le GSM-R, un système de téléphonie cellulaire entièrement numérique adapté du réseau GSM et permettant de standardiser mais aussi d'améliorer les communications du chemin de fer.[6]

Ce dernier ayant été mis en service en 2009 en Belgique, les trains peuvent maintenant circuler en toute sécurité sur les différents réseaux ferroviaires avec un seul et même équipement.

A terme, l'UIC (Union Internationale des Chemins de fer) à un autre projet qui est de permettre à ce réseau de transporter des informations de signalisation ferroviaire directement jusqu'au conducteur, facilitant ainsi une vitesse de circulation du train plus élevée ainsi qu'un trafic plus dense, tout en maintenant un haut niveau de sécurité. Les systèmes de signalisation "classiques" ne seront donc plus utilisés mais ils resteront toujours en place en cas de panne du système. Une ligne pilote sera testée en Belgique d'ici la fin de cette année.

Notons que pour mettre de tels projets en place, il a été nécessaire de définir une bande de fréquence dans laquelle le GSM-R pourrait émettre.

Suite à des négociations, une bande de fréquence de 4MHz lui a été allouée:

- **876 MHz - 880 MHz** pour l'émission de données (uplink);
- **921 MHz - 925 MHz** pour la réception de données (downlink).

Ces fréquences étant bien entendu différentes de celles du GSM standard[7].

2.1.2 Architecture et fonctionnement du réseau

L'architecture du réseau GSM-R est très semblable à celle du réseau GSM standard, à quelques exceptions près. Le but de cette partie étant d'expliquer le fonctionnement global d'un tel réseau, je ne vais pas rentrer dans les détails. Pour faire simple, nous pouvons dire qu'il est composé de différents éléments comme (figure 2.1) :

- Le **Mobile Station (MS)**: Association du mobile et de la carte SIM

¹On en comptabilisait plus de 35 différents rien qu'en Europe.

- Le **Mobile service Switching Center** (MSC): Coeur du réseau permettant le routage des appels et des SMS. Il est composé de deux éléments: le HLR² (Home Location Register) et le VLR³ (Visitor Location Register).
- Le **Base Station Subsystem** (BSS): Partie radio du réseau chargée de la connexion entre les Stations Mobiles MS et la partie commutation du réseau (vers le MSC). C'est un des sous-systèmes du réseau composé de BTS (Base Transceiver Station = antenne; lien entre BSC et mobiles) et de BSC (Base Station Controller; commande plusieurs antennes).

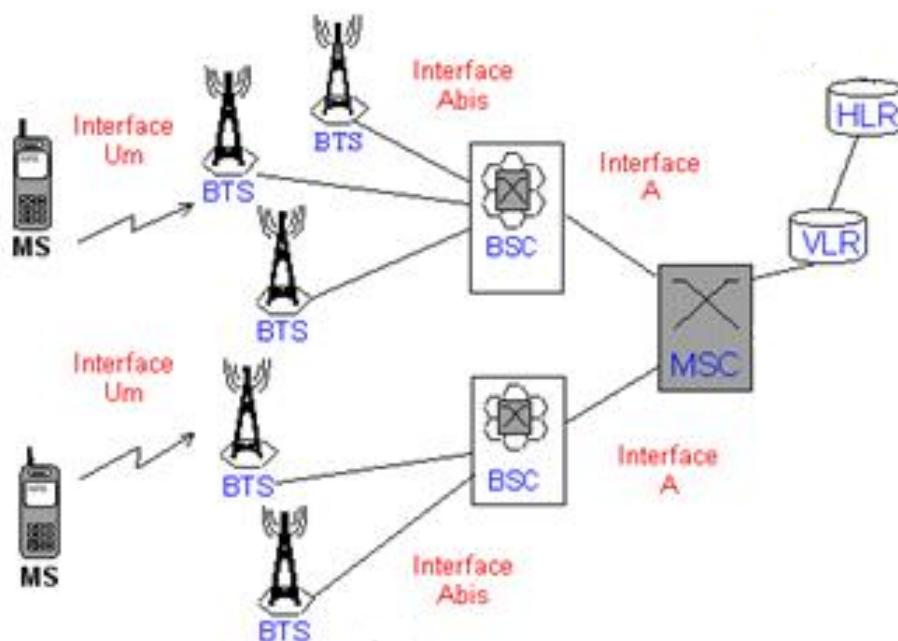


Figure 2.1: Architecture du réseau GSM-R[8]

Le réseau GSM-R Belge comporte deux MSC et seulement l'un d'entre eux (le MSC 1) est actif, l'autre étant présent en cas de panne.

Il comporte aussi quelques centaines de BTS ayant une couverture (=cellule) de maximum 35 km. Ces dernières sont assez directionnelles étant donné qu'il n'est pas nécessaire d'émettre dans toutes les directions (juste celle des rails). Elles sont agencées de manière à avoir des zones de recouvrement pour éviter la présence de trous dans la zone de couverture. Ce recouvrement pouvant créer des interférences, il est primordial que les BTS "voisines" n'aient pas la même fréquence porteuse (décalage de 200 kHz). Pour passer d'une cellule à l'autre (et donc changer de fréquence), nous effectuons ce que l'on appelle un Handover. [9]

2.1.3 Utilisateurs

Il est évident que les utilisateurs d'un tel réseau sont le personnel à bord des trains (chauffeurs et accompagnateurs). Mais ils ne sont pas les seuls.

En effet, il y a aussi les personnes travaillant sur les voies. Il est intéressant de pouvoir les prévenir lors du passage d'un train. Ainsi elles pourront s'écarter le temps de quelques minutes, ce qui permettra de ne pas bloquer totalement la voie durant les travaux.

Il y a aussi les utilisateurs fixes qui peuvent être appelés à l'aide de numéros fonctionnels (cfr point 3.1.4). Parmi ces derniers, on retrouve :

- Le **Traffic Control Center** (TCC): Reçoit des alarmes, des appels de conducteurs,... Il peut faire arrêter des trains dans une zone donnée si cela est nécessaire;
- Les **cabines de signalisation**: Contrôlent la signalisation, c'est-à-dire les aiguillages, les feux,... sur leur terrain;

²Base de données centrale d'un opérateur de réseau mobile, comportant les informations relatives à tout abonné autorisé à utiliser ce réseau (localisation,...). C'est elle qui sert de référence aux autres bases de données locales (VLR).

³Base de données temporaire et dynamique (car elle suit l'utilisateur) contenant une copie des données du HLR.

- Le **Répétiteur Electricité Signalisation** (Rép ES): Gère la répartition du courant sur le réseau.

2.1.4 Services

LE GSM-R offre toute une série de services à ses utilisateurs. Le premier d'entre eux, qui est assez trivial, est de fournir un réseau permettant de faire des appels (voix) ou d'envoyer des données, tout comme le permet le réseau GSM standard.

Une de ses particularités vient du fait que ce réseau permet d'effectuer des appels de groupe un peu particuliers, les plus importants étant:

- **Voice Group Call Service** (VGCS): Appel de groupe où toutes les personnes participant à la conversation peuvent parler à tour de rôle. Il permet d'avertir un groupe d'utilisateurs du réseau en cas de problème sur une ligne ou, tout simplement, de leur faire parvenir une remarque à tous. Ce type d'appel n'est pas prioritaire;
- **Voice Broadcast Service** (VBS): Appel de diffusion ayant les mêmes caractéristiques que le VGCS à la différence près qu'ici, une seule personne peut parler et les autres peuvent seulement écouter. Ce type de communication n'est pas utilisé pour le moment;
- **Railway Emergency Call** (REC): Appel le plus critique devant être établi dans les 2 secondes suivant son émission. Il possède les mêmes caractéristiques que le VGCS mais a une priorité supérieure.

Comme j'ai pu en parler dans le point précédent, le GSM-R offre également la possibilité à certains de ses utilisateurs d'être appelés à l'aide de numéros fonctionnels (FN). Ces derniers permettent d'assigner temporairement à un mobile un alias fonctionnel, ce qui permet d'appeler un train qui effectue un certain parcours sans connaître le conducteur. C'est évidemment un service qui est propre à ce standard de communication.

Le réseau GSM-R et tous ses services ont évidemment permis à des entreprises comme Infrabel de développer de nouvelles applications. C'est le cas du projet dont je vais vous parler dans le point suivant.[10]

2.2 Le projet DICE (Departure In a Controlled Environment)

C'est un projet qui a pour objectif de réorganiser la procédure de départ des trains, cette dernière contenant des désavantages tant pour les accompagnateurs que pour les voyageurs.

2.2.1 Procédure actuelle de départ des trains

A l'heure actuelle, la procédure de départ suit les quelques étapes énumérées ci dessous :

1. L'accompagnateur avertit les passagers et le conducteur que l'embarquement est terminé via un coup de sifflet;
2. Toutes les portes se referment, à l'exception de celle laissée ouverte par l'accompagnateur;
3. L'accompagnateur démarre la procédure de départ en donnant un tour de clé dans un des boîtiers prévus à cet effet le long des quais;
4. Début de la "zone grise" (une dizaine de secondes) qui permet à l'accompagnateur de regagner le train avant qu'il ne redémarre. Vu l'imminence du départ, plus aucun voyageur n'est autorisé à embarquer durant cette période;
5. Le train démarre.

C'est cette "zone grise" qui pose problème car, malgré de larges campagnes de sensibilisation sur le sujet, certains voyageurs veulent encore rapidement embarquer par la dernière porte restée ouverte, ce qui est évidemment très dangereux. De plus, l'interdiction de l'accompagnateur peut aussi susciter de la frustration et de l'incompréhension chez ces retardataires.[11]

La SNCB a alors décidé, en concertation avec Infrabel, de développer une nouvelle procédure de départ plus sécurisée, DICE.

2.2.2 La solution apportée par DICE

La solution choisie a été de modifier totalement la procédure actuelle en supprimant la zone grise, permettant ainsi à l'accompagnateur de récupérer le contrôle du départ et de décider quand le train pourra se mettre en mouvement.

Ce système, de manière globale ou vis-à-vis de chaque acteur pris séparément, constitue donc une amélioration du niveau de sécurité total du processus de départ (en rapport tant avec l'actuel système que les autres systèmes analysés).

Cette nouvelle procédure se fera en quatre grandes étapes, comme illustré dans la figure ci-dessous :

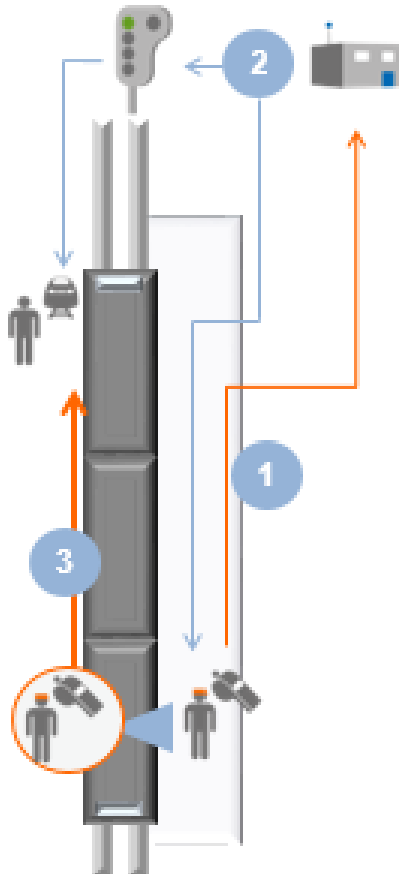


Figure 2.2: DICE - La nouvelle procédure de départ [12]

1. L'accompagnateur lance "prêt pour le départ" en scannant un TAG sur le quai;
2. Infrabel/Elektronische Bedieningspost(EBP)⁴ confirme "la procédure peut être lancée";
3. L'accompagnateur ferme sa dernière porte et transmet "Opération terminée" au conducteur scannant un TAG à l'intérieur du train;
4. Le train démarre.

⁴Relatif à la signalisation

2.2.3 Architecture de DICE

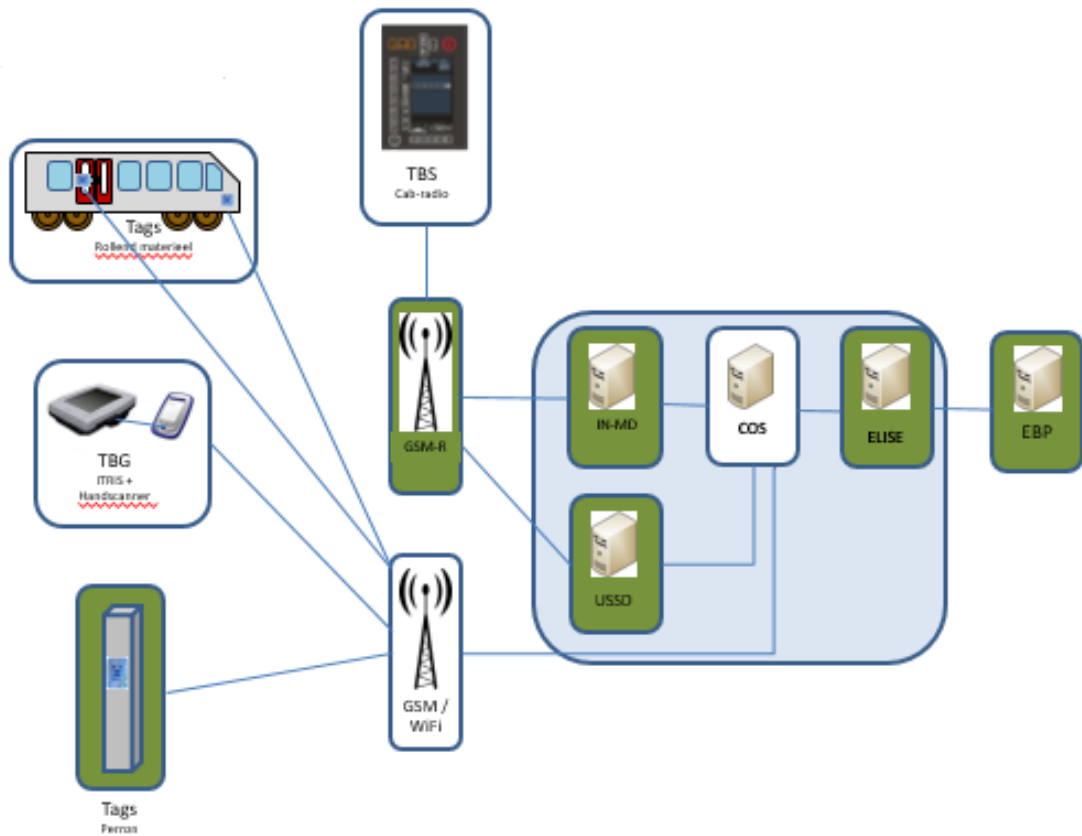


Figure 2.3: Architecture de DICE [13]

Ce schéma (figure 2.3), bien qu'étant fort simplifié, offre un bon aperçu du fonctionnement de DICE. En vert sont représentées toutes les infrastructures gérées par Infrabel. En blanc, celles qui sont gérées par la SNCB (à l'exception de GSM, géré par Mobistar). La partie en bleu représente quant à elle un ensemble de serveurs.

Reprenons les différentes étapes énumérées ci-dessus afin de fournir une explication plus technique:

1. L'accompagnateur, via le scan⁵ d'un des TAG présent sur le quai, envoie "prêt pour le départ" au COS.
Notons que cette procédure ne se fait pas via le GSM-R mais bien via le réseau GSM classique ou un Wi-Fi privé;
2. Le COS interroge l'EBP pour voir si tout est OK au niveau de la signalisation. Si c'est le cas, ce dernier renverra "la procédure peut être lancée" à l'accompagnateur.
A partir de ce moment, le COS interrogera l'EBP toutes les 30 secondes et stoppera la procédure en cas de problème de signalisation.
3. Une fois cette information reçue, l'accompagnateur peut fermer les portes et scanner un TAG présent dans le train afin d'envoyer "Opération terminée" (OT) au COS qui pourra alors passer par le serveur Materna ("USSD") pour envoyer un USSD⁶ (via le GSM-R) au cab radio (TBS) du conducteur de train.
4. Le conducteur ayant reçu l'USSD, il peut démarrer

On remarque donc que c'est le serveur Materna qui est responsable du passage du monde IP(HTTP) au monde des télécom (SS7). C'est l'éventuel maillon faible de la chaîne car nous n'avons aucune certitude quant à la capacité de ce serveur à gérer un flux important de messages. Il est donc indispensable de tester ses limites avant de mettre cette procédure de départ en service.

⁵Ce scan s'effectue avec un ITRIS (tablette que possèdent tous les accompagnateurs de train).

⁶Sorte de SMS sans mémoire impliquant systématiquement une réponse. Exemple: #123# pour consulter le solde d'un compte mobile.

Tâches réalisées

Dans cette partie, je vais parler des différentes tâches que nous avons réalisées durant ces 6 semaines de stage en prenant soin de séparer les deux projets auxquels nous avons participé.

3.1 Stress test

Dans la partie précédente de ce rapport, j'ai eu l'occasion d'expliquer ce qu'était le projet DICE et pourquoi il avait été développé. Je vais maintenant pouvoir parler du test que nous avons dû imaginer afin de tester sa fiabilité.

Durant la première semaine du stage, nous avons surtout lu de la documentation relative au GSM-R et au projet DICE. Nous avons pu poser toutes nos questions à Philippe Zimmer (expert en téléphonie mobile) et Catherine Houbion (chef du projet DICE) qui nous ont bien aidés pour la compréhension de cette nouvelle matière.

C'est au terme de cette première semaine que nous avons vraiment compris ce que l'on attendait de nous. (figure 3.1) Nous devons simuler toute la partie radio du réseau (MS + BSS) à l'aide d'une carte Dialogic¹ et d'un ordinateur sur lequel nous allons faire tourner un software capable de simuler une centaine de mobiles. Une fois enregistrés dans le VLR, les abonnés fictifs pourraient alors répondre à un flot de requêtes USSD directement envoyé par le COS et il ne nous resterait qu'à regarder le comportement de Materna en essayant de déterminer sa limite de saturation. Notons que pour pouvoir inscrire ces abonnés dans le VLR, l'astuce était de passer par le MSC2 afin de pouvoir désactiver l'authentification (un client - une SIM) nécessaire lors de location update², ce qui n'est évidemment pas possible avec le MSC1 qui doit rester actif et 100% opérationnel.

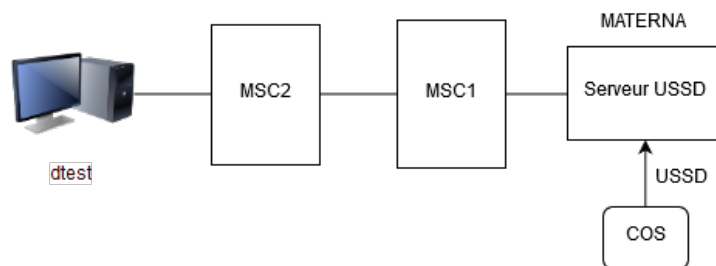


Figure 3.1: Illustration stress test

Une fois ce principe assimilé, nous avons pu commencer la partie hardware du projet avec Thomas Claes, informaticien. La première étape a été d'intégrer et d'installer la carte fournie par P. Zimmer dans un PC tournant sur CentOS ("dtest"). Nous y sommes arrivés après avoir réglé quelques problèmes de compatibilité.

¹Carte Dialogic DSI SS7LDH4Q permettant de communiquer en SS7 (Signaling System #7 = ensemble de protocoles de signalisation téléphonique),

²Ce service est utilisé par le VLR pour mettre à jour les informations de localisation stockées dans le HLR. Une fois cette mise à jour effectuée, le client sera "actif" aux yeux du MSC et pourra recevoir des SMS et USSD.

Il a ensuite fallu installer le soft capable de simuler les mobiles et de communiquer en SS7. Notre premier choix s'est porté sur Seagull, un générateur de trafic multi protocoles open source. Malheureusement, ce programme s'est révélé être incompatible avec nos besoins. Nous avons donc débuté des nouvelles recherches afin de trouver une alternative et ces dernières nous ont conduites à JSS7, un autre générateur de trafic que nous avons pu installer. Ces quelques manœuvres nous ont permis de nous familiariser avec Linux (connexion en ssh, export de display,...).

C'est en essayant de configurer correctement ce nouveau programme que nous avons remarqué que la carte installée ne permettait pas de communiquer en SS7. Il a donc fallu en trouver une autre le plus rapidement possible. Ce matériel coutant très cher, nous avons décidé de réutiliser une carte installée en 2013 dans le cadre d'un autre projet. Je l'appellerai "Dialogic2".

A la base, nous pensions pouvoir relier physiquement la machine "dtest" au MSC2 mais cette possibilité n'a plus été envisageable à partir du moment où nous avons décidé d'utiliser la carte Dialogic2, cette dernière se trouvant dans des serveurs situés dans un autre bâtiment (Atrium) que le MSC2. Nous avons donc dû changer notre fusil d'épaule et avons procédé comme suit : (figure 3.2)

- Nous nous sommes tout d'abord connectés en SSH au serveur à partir d'une machine "ECAM" située dans les locaux d'Infrabel;
- Ensuite, nous avons été tirer des câbles entre la carte et une machine de transmission "N11MSC1", cette dernière nous permettant de nous connecter en SDH à une autre machine de transmission "N11BSC1" située Rue de France, dans les mêmes locaux que le MSC2;
- A partir de ce moment, il ne nous restait plus qu'à relier le MSC2 à cette machine de transmission (N11BSC1) via des câbles, ce que nous avons réalisé avec Philippe Zimmer.

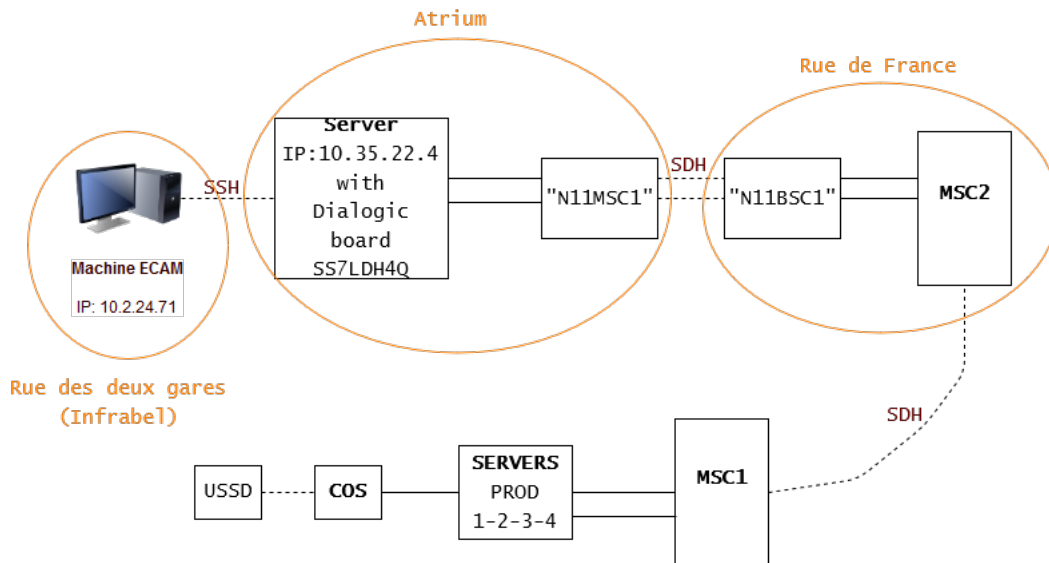


Figure 3.2: Liaison carte Dialogic - MSC2

Après la résolution de quelques bugs, la liaison entre la carte et le MSC2 s'est avérée être opérationnelle. Nous avons donc pu commencer à essayer d'activer la carte ainsi que la liaison de signalisation permettant de communiquer en SS7 entre le serveur et le MSC2.

Pour ce faire nous avons dû réinstaller des drivers plus récents de la carte, ces derniers n'ayant pas été mis à jour alors que la version de Kernel, elle, l'avait été. Cela n'a pas été simple mais nous y sommes arrivés. En effet, le serveur est géré par une équipe Linux qui n'a pas voulu nous donner les accès root, nous obligeant à faire pour un mieux avec des droits très limités.

La carte et la liaison activées, nous avons pu commencer à essayer configurer JSS7 dans le but d'envoyer un premier flot "test" de requêtes USSD. C'est à ce moment que nous nous sommes rendu compte que ce programme ne permettait pas d'effectuer certaines opérations MAP (Mobile Application Part) dont nous avons besoin comme le MAP update location permettant d'ajouter les clients fictifs dans le VLR et donc de les rendre actifs.

A partir de ce moment, nous avons deux solutions:

1. Chercher un autre programme ou des modules complémentaires pour JSS7

- Changer de stratégie en oubliant la simulation de la partie radio et en utilisant seulement le COS-simu³ afin d'attaquer le serveur Materna qui sollicitera quand même le switch. La différence étant que ce dernier répondra par un message d'erreur standard (272), les utilisateurs n'étant pas actifs. (figure 3.3)

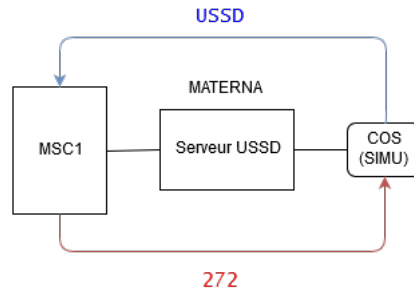


Figure 3.3: Utilisation du COS SIMU pour envoyer des USSD (deuxième solution)

Nous avons alors organisé une petite réunion avec P. Zimmer, C. Cecotti, C. Houbion et T. Claes et il en est ressorti que la deuxième solution, bien qu'étant moins générique, était la meilleure et surtout la plus rapide pour ne tester que le serveur Materna. En effet, une bonne réception des messages d'erreur serait la preuve que ce dernier fonctionne correctement.

Nous n'avons malheureusement pas eu le temps d'aller plus loin, la suite de la gestion du projet a donc été remise à une autre équipe afin que ce test puisse être effectué dans les plus brefs délais.

Notons que la première solution a tout de même été conservée pour être utilisée dans d'autres projets. Nous avons donc réalisés des documents expliquant quelques-unes de nos manipulations pour les prochains utilisateurs de la carte/ de JSS7. Vous les retrouverez en annexe.

3.2 Sonde GSM-R

Dans le cadre d'un projet secondaire, nous avons également dû réaliser la partie hardware d'une sonde capable d'effectuer des mesures sur le réseau GSM-R, ces dernières étant destinées à être affichées par une interface web propre à Infrabel appelée "MyConnectivity". Cette interface offre un aperçu global du réseau ferroviaire belge et peut donc fournir une information graphique sur la qualité et la couverture⁴ du réseau en tout point le long des rails.

A titre d'exemple, voici la représentation graphique d'une série de mesures effectuées durant ce début d'année 2016, les points rouges représentant une mauvaise qualité du réseau GSM-R, les points oranges une qualité "moyenne" et les points verts une bonne qualité (puissance du signal en dBm) : (figure 3.4)

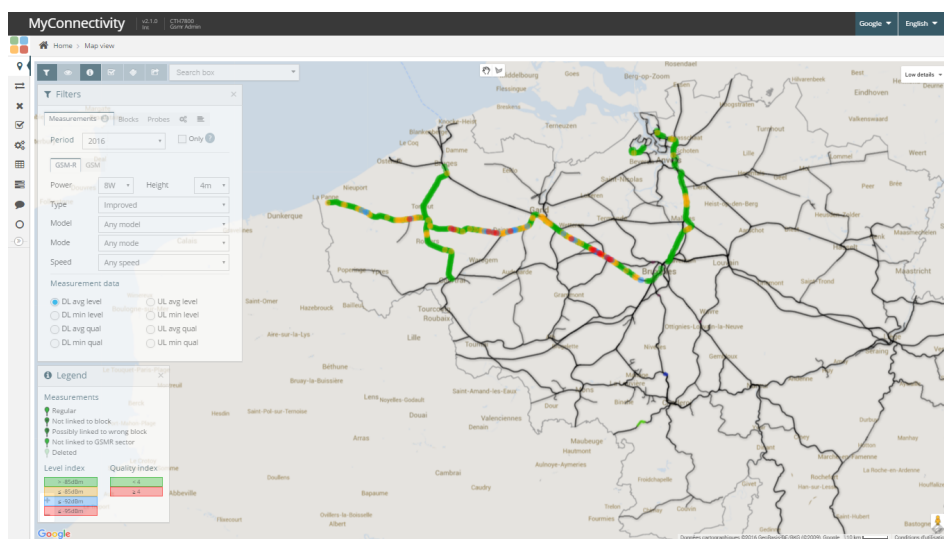


Figure 3.4: Exemple "MyConnectivity"[14]

³Logiciel permettant d'envoyer des USSD en passant directement par le COS

⁴Ces deux données ne sont pas directement liées. Une antenne peut avoir une très bonne couverture alors que son signal peut être de basse qualité (puissance perçue trop faible).

Pour le moment, ces mesures sont effectuées par un ordinateur placé dans une voiture de mesures Infrabel. Elles ne sont pas souvent mises à jour et sont donc parfois obsolètes. Les sondes pourront quant à elles être placées dans plusieurs de ces voitures (et à terme dans des trains SNCB), offrant ainsi des séries de mesures beaucoup plus importantes et moins espacées dans le temps.

Nous avons donc dû concevoir un boîtier le plus adapté possible composé de :

- Un **modem** (2W ou 8W) servant à la prise de mesures. Les modems de 8W étant déjà présents dans les trains, il a fallu prévoir une entrée pour pouvoir le relier au port série de la BeagleBone dont je vais vous parler.
Il est intéressant d'utiliser ces deux types de modems car ils permettent de simuler les appareils des utilisateurs, à savoir les cabs radio des conducteurs (8W) et les mobiles des accompagnateurs (2W);
- Une **BeagleBone** sur laquelle tourne un OS permettant de traiter les données et de les envoyer directement à MyConnectivity. Cette dernière interroge directement le modem sur le niveau de signal qu'il perçoit et complète ces mesures par d'autres informations comme la localisation GPS. Elle est directement reliée à l'alimentation du train;
- Un **UPS** (Uninterruptible Power Supply) "home made"⁵ conçu à partir d'un MCP73832 utilisé en loadsharing et d'une batterie Li-ion de 3,7V. C'est la solution que nous avons trouvée afin que la Beagle puisse s'éteindre proprement lorsqu'elle n'est plus alimentée (ce qui arrive régulièrement car l'alimentation du train se coupe à chaque fois qu'il termine son service).
Notons que ce système doit aussi permettre au modem de s'éteindre proprement. Cet élément nécessitant une tension de 5V et étant alimenté par la Beagle, nous avons dû rajouter un boost afin de convertir la tension de la batterie en une tension plus importante;
- Quelques **LED** facilitant la maintenance.

La réalisation de ce projet a débuté par un meeting avec Xavier Van Herpe (concepteur de l'OS tournant sur la Beagle) et C. Cecotti qui nous ont expliqué l'utilité de la sonde ainsi que les différents éléments la composant. S'en est suivi un brainstorming et une période de documentation. Après quelques temps et une concertation avec Jérémy Furlan (électronicien), nous avons décidé de concevoir le boîtier en empilant tous les éléments sur la Beagle via des caps. Nous avons alors pu réaliser une shopping list complète afin de pouvoir passer une commande qui aura malheureusement pris plus de temps que prévu, nous obligeant à nous arrêter à la conception théorique de ce boîtier. C'est X. Van Herpe qui a repris ce projet.

⁵Schématique "Eagle" joint en annexe

Conclusion

Pour conclure, je peux dire que ce stage aura été pour moi une très bonne expérience répondant aux objectifs que l'on s'était fixés il y a quelques semaines. Bien que nos projets n'aient pas aboutis, il m'a appris beaucoup de choses tant au niveau du fonctionnement d'une entreprise qu'au niveau technique.

Par exemple, les différents échanges avec P. Zimmer et les documents fournis par C. Cecotti m'ont appris beaucoup sur le fonctionnement de la téléphonie mobile (GSM, GSM-R), matière que nous n'avons pas encore abordée aux cours et que je trouve très intéressante.

J'ai également bien progressé en Linux de par nos nombreuses manipulations sur l'ordinateur que l'on nous a fourni. Personnellement, cela m'a donné envie d'en apprendre plus à ce sujet car j'ai eu l'occasion de me rendre compte à quel point la maîtrise de ce système d'exploitation est primordiale pour un ingénieur informaticien.

De plus, ce stage m'a donné l'occasion de découvrir différents aspects de la vie d'une entreprise comme son organisation générale, son management, sa culture ou encore son contexte social. Je connais maintenant bien mieux le rôle d'Infrabel et la place qu'occupe cette société dans la gestion des Chemins de fer belges.

Enfin, le fait d'avoir pu participer à deux projets concrets m'a permis de m'insérer dans cette entreprise ainsi que de me familiariser au travail quotidien de l'ingénieur. Cela m'a conforté quant à mon choix d'option en master (Informatique) et m'a donné des idées pour mon TFE, voir même pour le chemin que je prendrai plus tard dans le cadre de mon premier job.

Liste des figures

1.1	Structure 2005-2013*	4
1.2	Nouvelle structure des Chemins de fer belges*	4
1.3	Organisation de I-ICT	6
1.4	Organigramme Infrabel	7
2.1	Architecture du réseau GSM-R[8]	9
2.2	DICE - La nouvelle procédure de départ [12]	11
2.3	Architecture de DICE [13]	12
3.1	Illustration stress test	13
3.2	Liaison carte Dialogic - MSC2	14
3.3	Utilisation du COS SIMU pour envoyer des USSD (deuxième solution)	15
3.4	Exemple "MyConnectivity"[14]	15
3.5	Schématique Eagle	20

Bibliographie

- [1] SNCB, “Sncb entreprise.” <http://www.belgianrail.be/fr/corporate/entreprise.aspx/>, 2015.
- [2] SNCB, “Guide pour les nouveaux collaborateurs.” <http://www.belgianrail.be/fr/corporate/sous-la-loupe/~media/9785EA491E7140808FACF79B6A4ABA60.ashx/>, février 2013.
- [3] Infrabel, “Notre entreprise.” <http://www.infrabel.be/fr/propos/notre-entreprise/qui-est-infrabel/>, 2016.
- [4] Infrabel, “Infrabel, management et structure.” <http://www.infrabel.be/fr/propos/notre-entreprise/management-et-structure/>, 2016.
- [5] Infrabel, “Documentation interne d’infrabel.” Intranet, 2015.
- [6] SNCF, “Télécommunications gsm-r.” <http://www.sncf-reseau.fr/fr/acces-reseau-ferre/offre/infrastructures-service/gsmr/>, 2015.
- [7] Wikipédia, “Gsm-r.” <https://fr.wikipedia.org/wiki/GSM-R/>.
- [8] author, “Architecture d’un réseau radio mobile gsm.” http://www.technologuepro.com/gsm/chapitre_2_GSM.htm/, septembre 2010.
- [9] P. Zimmer. Cours donnés lors du stage, avril 2016.
- [10] Infrabel, “Documentation interne d’infrabel.” Intranet, 2015.
- [11] SNCB, “Infrabel et la sncb mettent en place une nouvelle procédure de départ des trains, plus sûre.” <http://www.infrabel.be/fr/presse/infrabel-sncb-mettent-place-nouvelle-procedure-depart-trains-plus-sure/>, juillet 2012.
- [12] SNCB, “Dice - departure in a controlled environment.” <http://www.navetteurs.be/docs/DICE.pdf/>, novembre 2012.
- [13] K. de Keersmaker, A. Raviart, and C. Houbion, “Dice – la nouvelle procédure de départ.” Power Point Infrabel.
- [14] Infrabel, “Documentation interne d’infrabel.” Intranet, 2016.

Annexes

Annexe 1

Capture d'écran du schématique que nous avons réalisé pour l'UPS à l'aide du logiciel "Eagle".

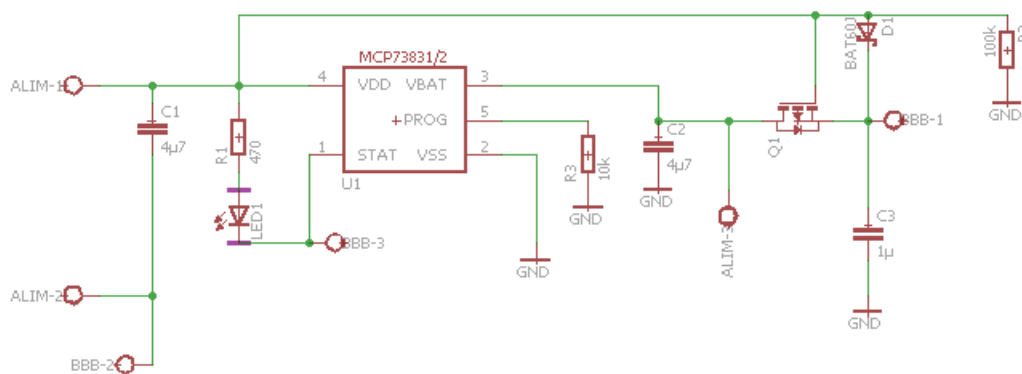


Figure 3.5: Schématique Eagle

Annexe 2

Guide d'installation de la carte Dialogic SS7LDH4Q réalisé par nos soins. (3pages: 21-23)

Annexe 3

Document reprenant quelques informations pratiques sur la carte et le logiciel JSS7, réalisé par nos soins également. (1 page: 24)

Annexe 4

Noté d'activité. (1 page: 25)



Installation de la carte Dialogic® DSI SS7LDH4Q
USER GUIDE
Stress test DICE

<i>Date: 10/05/2016</i>		
<i>Reference: Not referenced</i>		
<i>Company: INFRABEL</i>		
<i>Owning Department: I-ICT.121 Dispatcher systems & GSM-R Networks</i>		
<i>Initial author: Vander Meiren Antoine and Alonso Sylvain</i>		
<i>Version</i>	<i>Name</i>	<i>Title</i>
<i>Written by</i>	Vander Meiren Antoine and Alonso Sylvain	Stress test Dice Installation guide Dialogic
<i>Reviewed by</i>		
<i>Approved by</i>		

This document is part of the Documentation Management System of I-ICT.12. The procedure RCOM-INT-PR-00001, defining the management of this type of document, is stored on the SharePoint « Rail Communications » and is also accessible via the intranet. The information contained in this document is owned by INFRABEL and is protected by copyright and/or other intellectual property rights. All rights are reserved to INFRABEL and the present document may only be used for the purpose for which it was provided and shall not be copied or transmitted or communicated to third parties without the prior written approval of INFRABEL.

1) Se connecter au seueur

Se connecter en ssh au serveur idiraiapls001 à l'adresse ip 10.35.22.4 avec son windows id.
Utiliser le user a1201 : **sudo su – a1201**

2) Construire les RPM's

A) Create a build root in you home

```
mkdir -p ~/rpmbuild/{BUILD,RPMS,SOURCES,SPECS,SRPMS}
echo '%_topdir %(echo $HOME)/rpmbuild' > ~/.rpmmacros
=> C'est déjà fait pour l'utilisateur a1201 dans /home/a1201/rpmbuild
```

B) Put de **dpklnx.Z** file in /home/a1201/rpmbuild/SOURCES

To downlad at : <http://www.dialogic.com/en/products/signaling-and-ss7-components/download/dsi-network-interface-boards.aspx>
And uncompress it to the same directory

C) Put the **ss7dpk-x.x.x.spec** in /home/a1201/rpmbuild/SPECS

The file is include in **dpklnx.Z**

In our case (2016), it's **ss7dpk-6.7.1.spec**

D) Execute « **rpmbuild –bb /home/a1201/rpmbuild/SPECS/ss7dpk-x.x.x.spec**

You may need a license.txt file, we decided to modify the **.spec** to delete the line which require this file.

You will find the rpm's in /home/a1201/rpmbuild/RPMS

E) Install the rpm's, or at least the one with the kernel drivers as this one is specific for each kernel.

*Veiller à bien supprimer les anciennes versions des rpms avant, ainsi que d'installer la version correspondante au Kernel actuel !

3) Build et installation de merccd

Dans in /home/a1201/rpmbuild/SOURCES/SS7LD_DRIVER vous trouverez un **build_ss7ld.sh** à exécuter, ainsi qu'un **install_ss7ld.sh** (qui ne fonctionnera pas) .

Il faut modifier le **install_ss7ld.sh** se trouvant à /lib/modules/2.6.32-573.22.1.el6.x86_64/extra/ss7 (ou 2.6.32-573.22.1.el6.x86 (doit correspondre à la version du kernel) pour qu'il fonctionne correctement, via vim modifiez les lignes :

```
< /sbin/insmod -f ./ctimod/${CTI_MODULE_NAME}${MODULE_EXT} || exit 1
< /sbin/insmod -f ./merccd/${MODULE_NAME}${MODULE_EXT} || exit 1
```

En :

```
> /sbin/insmod -f ./${CTI_MODULE_NAME}${MODULE_EXT} || exit 1
> /sbin/insmod -f ./${MODULE_NAME}${MODULE_EXT} || exit 1
```

Une fois modifié et exécuté, vous pouvez lancer la carte.

4) Lancement de la carte

Dans le répertoire /home/a1201/rpmbuild/SOURCES exécuter la commande **./gctload - csystem.txt &**

Il doit être écrit boot complete dans la console

*Notons que les fichiers config.txt et system.txt servent à la configuration de la carte, dans notre cas, nous les avons copié/collé de la version précédente installée. Philippe Zimmer à également modifié le fichier config.txt en y changeant le MTP_LINKSET pour y placer les différentes adresses physiques.

Ensuite exécuter au même endroit **./mtpsl act 0 0**, cette commande va permettre d'activer le niveau supérieur de la carte (liaison de signalisation). (Level 2 Stat : id=0 OUT OF SERVICE va se changer en Level 2 Stat : id=0 INITIAL ALIGMENT)

La carte est maintenant fonctionnelle. (En version trial, **gctload** doit être relancé toutes les heures)

Dans le répertoire /opt/app/a1201 vous trouverez un fichier exécutable nommé **boucle.sh** qui pourrait permettre un redémarrage automatique de la version trial.

Supports

Support Dialogic (UK):

ernest.awuah@dialogic.com

Support JSS7 (Telestax, Inde):

amit.bhayani@telestax.com

john.senay@telestax.com

Liens intéressants

Repo JSS7 :

<https://github.com/RestComm/jss7>

Liste de toutes les opérations MAP possibles (JSS7) :

<https://github.com/RestComm/jss7/blob/master/map/MAPMessagesImplemented.ods>

Infos carte Dialogic :

<https://www.dialogic.com/en/products/signaling-and-ss7-components/signaling-boards/ss7ldh4.aspx>

Informations complémentaires

Numéro de série de la carte (Dialogic® DSI SS7LDH4Q): **RC920419**

Installation plus propre :

- a. mkdir /opt/DSI/
- b. put dpklnx.Z in /opt/DSI/
- c. cd /opt/DSI
- d. tar -zxvf dpklnx.Z
- e. Edit the file /etc/ld.so.conf and add
 - /opt/DSI/64
 - /opt/DSI/32
- f. Run the command “ ldconfig -v “ on the command line
- g. cd SS7LD_Driver /build clean, build and then install
- h. ./opt/DSI/gctload -v

Maître de stage : Cédric CECOTTI (cedric.cecotti@infrabel.be)

30 mars 2016

Superviseur : Sébastien COMBEFIS (CBF@ecam.be)

Etudiant : Sylvain ALONSO (alonso.sylvain@outlook.com)

Entreprise : INFRABEL

rue des deux Gares, 82, B1070 Bruxelles

Période de stage : du 29/03/16 au 06/05/16

Note d'activité

Objectifs généraux	Objectifs spécifiques
Découverte de l'entreprise et du projet (semaine 1)	Visite des locaux, rencontre avec le personnel et familiarisation avec les technologies utilisées.
Découverte du métier de l'ingénieur	Contact avec les différents ingénieurs de l'entreprise, découverte du fonctionnement de cette dernière, intégration à un projet et à une équipe,...
Participation à des projets	Mise en œuvre d'un stress test pour le projet DICE (tester son comportement et sa fiabilité).

Signature de l'étudiant :

Signature du maître de stage :