Table des matières

REMERCIEMENT III

TABLE DES MATIÈRES V

LISTE DES FIGURES IX

LISTE DES TABLEAUX XII

GLOSSAIRE XIV

RÉSUMÉ XVII

ABSTRACT XIX

CHAPITRE I : INTRODUCTION 1

1 Contexte de l'étude 2

2 Problématique de recherche 6

CHAPITRE II : APPROCHE DE DÉPLOIEMENT D'UN RESEAU SANS FIL 8

1 Architecture d'une mine avec un environnement souterrain 9

2 Propagation d'un signal RF 10

3 Approches de déploiement sans fil dans les mines 13

3.1 Câble rayonnant 13

3.2 Antennes distribuées 16

4 Conclusion 19

CHAPITRE III : TECHNOLOGIE RFID 20

1 Introduction 21

2 Contexte du RFID 21

2.1 La gestion de la chaîne logistique 22

2.2 Sécurité et contrôle des accès 22

3 Les composants d'un système RFID 23

3.1 Les tags 24

3.2 Passerelles 25

3.3 Contrôleur 26

3.4 Distance et fréquences selon la portée 26

4 Conclusion 28

CHAPITRE IV : APPROCHE DE CONTRÔLE DYNAMIQUE DE LA COUVERTURE RF .. 29

1 Introduction 30

2 Contrôle dynamique de couverture RF 30

2.1 Principe adaptatif 31

2.2 Méthode de résolution 32

2.3 Organigramme de programmation 36

2.4 Gestion de la congestion 38

3 Implémentation et expérimentation 41

3.1 Principale commande des amplificateurs 41

3.2 Système RFID Identec 43

3.3 Récupération et traitement des données 45

3.3.1 SQL report builder 45

3.3.2 Système PI 47

3.4 La programmation 48

3.4.1 Le langage c 48

3.4.2 Le langage SQL 50

4 Conclusion 55

CHAPITRE V : ÉVALUATION ET ANALYSE DE PERFORMANCE 56

1 Introduction 57

2 Configuration réseau 57

3 Métrique d'évaluation de performance 60

3.1 Mesure du MOS 60

3.2 Mesure du SNR 60

3.3 Mesure du temps de réponse 62

4 Évaluation du problème de congestion ponctuel 64

5 Évaluation des performances avec le système RFID 65

6 Conclusion 67

CHAPITRE VI : CONCLUSION ET PERSPECTIVES 68

BIBLIOGRAPHIES 71

ANNEXE A 74

ANNEXE B 79

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : SYNOPTIQUE TEMPOREL DE L'ÉVOLUTION DE LA MINE DE MATAGAMI 3
FIGURE 2 : INFRASTRUCTURE RÉSEAUTIQUE DE LA MINE MATAGAMI 5
FIGURE 3 : SOLUTION ENVISAGÉE 6
FIGURE 5 : SCHÉMA GLOBAL DES GALERIES D'UNE MINE 9
FIGURE 4 : PUITS AVEC UN ASCENSEUR 9
FIGURE 6 : STRUCTURE GÉNÉRALE D'UN RÉSEAU DANS UNE MINE SOUTERRAINE 10
FIGURE 7 : PHÉNOMÈNES PERTURBATEURS DE LA PROPAGATION 11
FIGURE 8 : ÉVANOUISSEMENTS À PETITE ET À GRANDE ÉCHELLE PAR UN SIGNAL DE LONGUEUR D'ONDE λ .. 12
FIGURE 9 : STRUCTURE DU CÂBLE RAYONNANT 13
FIGURE 10 : EXEMPLE DE DÉPLOIEMENT DU CÂBLE RAYONNANT 15
FIGURE 11 : STRUCTURE GÉNÉRALE D'UN SYSTÈME DE CÂBLE FUYANT FOURNISSANT DIVERS SERVICES 15
FIGURE 12 : STRUCTURE GÉNÉRALE D'UN SYSTÈME D'ANTENNES DISTRIBUÉES FOURNISSANT DIVERS SERVICES 17
FIGURE 13 : EXEMPLE D'UN SYSTÈME D'ANTENNES DISTRIBUÉES 17
FIGURE 14 : LES COMPOSANTS D'UN SYSTÈME RFID 24
FIGURE 15 : FILTRE ADAPTATIF 31
FIGURE 16 : OPTIONS DU PORT SÉRIE 32
FIGURE 17 : GESTIONNAIRE DES AMPLIFICATEURS 33
FIGURE 18 : CALIBRATION DES AMPLIFICATEURS 33
FIGURE 19 : SCHÉMA BLOC D'UN SYSTÈME D'ASSERVISSEMENT UTILISÉ 34
FIGURE 20 : TEMPS DE RÉPONSE DU SYSTÈME POUR DEUX AMPLIFICATEURS 35
FIGURE 21 : ORGANIGRAMME PREMIÈRE APPROCHE 37
FIGURE 22 : ORGANIGRAMME DE L'ASSERVISSEMENT DE X AMPLIFICATEURS 38
FIGURE 23 : ORGANIGRAMME GESTION DES ZONES GRISES 39
FIGURE 24 : ORGANIGRAMME - FONCTION RÉINITIALISATION A L'ÉTAT D'ORIGINE 40
FIGURE 25 : ORGANIGRAMME FONCTION ÉGALISEUR DE GAIN 41
FIGURE 26 : VOYAGE ENTRE DEUX SITES MINIERS 44
FIGURE 27 : SYSTÈME SQL REPORT BUILDER 1 45
FIGURE 28 : SYSTÈME SQL REPORT BUILDER 2 46
FIGURE 29 : VISUALISATION DE DONNÉES AVEC SQL REPORT BUILDER 1 46
FIGURE 30: FONCTIONNEMENT DES LANGAGES DE PROGRAMMATION 49
FIGURE 31 : SCHÉMA SIMPLIFIÉ D'UN PROGRAMME 49
FIGURE 32 : CLASSEMENT DES LANGAGES DE PROGRAMMATION 50
FIGURE 33 : MODÉLISATION D'UNE BASE DE DONNÉES RELATIONNELLE 51
FIGURE 34 : SECTION CARACTÉRISTIQUE DU SYSTÈME DE COMMUNICATION DE MATAGAMI 57
FIGURE 35 : PLAN SYSTÈME DE COMMUNICATION MINE BRACEMAC – NIVEAU KT 300 59

FIGURE 36 : CAPTURE D'IMAGE D'UN ANALYSEUR DE SPECTRE LOGICIEL 61
FIGURE 37 : TEMPS DE RÉPONSE DU SYSTÈME POUR UN AMPLIFICATEUR 62
FIGURE 38 : TEMPS DE RÉPONSE DU SYSTÈME POUR DEUX AMPLIFICATEURS 63
FIGURE 39 : SYSTÈME DE COMMUNICATION SOUS-SOL 64
FIGURE 40 : ÉVOLUTION DU PROGRAMME D'ASSERVISSEMENT POUR UN GAIN TROP ÉLEVÉ 64
FIGURE 41 : ÉVOLUTION DU PROGRAMME D'ASSERVISSEMENT POUR UN GAIN TROP BAS 65
FIGURE 42 : ÉVOLUTION DU PROGRAMME POUR UN *FIELDSTRENGTH* FAIBLE. 66
FIGURE 43 : ÉVOLUTION DU PROGRAMME POUR UN *FIELDSTRENGTH* PARFOIS BON 66
FIGURE 44 : LOGICIEL WATCHER CAPTURE 1 75
FIGURE 45 : LOGICIEL WATCHER CAPTURE 2 75
FIGURE 46 : LOGICIEL WATCHER CAPTURE 3 76
FIGURE 47 : LOGICIEL WATCHER CAPTURE 4 76
FIGURE 48: LOGICIEL WATCHER CAPTURE 5 77
FIGURE 49: LOGICIEL WATCHER CAPTURE 4 77
FIGURE 50: LOGICIEL WATCHER CAPTURE 6 78
FIGURE 51: LOGICIEL WATCHER CAPTURE 7 78
FIGURE 52: LOGICIEL WATCHER CAPTURE 8 78

LISTE DES TABLEAUX

Rapport-Gratuit.com

TABLEAU 1 : PLAN DE FRÉQUNCE POUR LE SYSTÈME DU CÂBLE RAYONNANT 16
TABLEAU 2: AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES TECHNIQUES DE DÉPLOIEMENT DE RÉSEAU DE COMMUNICATION DANS LES MINES 18
TABLEAU 3 : CLASSIFICATION DES DISTANCES D'UTILISATION RFID 27
TABLEAU 4 : FRÉQUENCES D'UTILISATION RFID 28
TABLEAU 5 : VARIABLES DU FILTRE 31
TABLEAU 6 : RAPIDITÉ ET STABILITÉ D'UN AMPLIFICATEUR EN FONCTION DE SON CHANGEMENT DE GAIN ... 36
TABLEAU 7 : ATTRIBUTS DES DIFFÉRENTES COMMANDES DES AMPLIFICATEURS INTELLIGENTS *CATTRON* 43
TABLEAU 8 : CARACTÉRISTIQUES SYSTÈME RFID *IDENTEC* 44
TABLEAU 9 : TYPES À ASSOCIER À DES CHAMPS SQL 52
TABLEAU 10 : OPTIONS À ASSOCIER À DES CHAMPS SQL 53
TABLEAU 11 : OPÉRATIONS POSSIBLES AVEC DES CHAMPS SQL 55
TABLEAU 12 : CARACTÉRISTIQUES DIVISEURS DE LIGNE 800 MHZ 58
TABLEAU 13 : CARACTÉRISTIQUES DIVISEUSES DE LIGNE CÂBLE MODEM 58
TABLEAU 14 : PRISE DE MESURES - MOS 60

GLOSSAIRE

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

BD, BDD : est le diminutif de Base De Données, c'est un dispositif informatique permettant le stockage d'une grande quantité d'information variée de manière structurée et organiser afin de rendre la manipulation des informations plus simple et rapide.

BDA : 800 MHz *Bidirectional amplifier*, commande d'amplificateur permettant de contrôler des commutateurs d'atténuation qui contrôle le gain aller-retour.

CMA : *Cable Modem Amplifier*, commande d'amplificateur permettant de contrôler le flux de données montant et descendant.

LOS : *Line of sight*, ou ligne de vue direct, correspond au comportement d'une onde qui subit un trajet direct sans aucun obstacle entre son émetteur et son récepteur.

MLM : Mine Lac Matagami.

NET : *Network*, Réseau, commande d'amplificateur permettant de faire un suivi des fréquences de transmission et réception d'un amplificateur.

NLOS : Non *Line of sight*, ou trajet indirect, correspond au comportement d'une onde qui subit un trajet avec des obstacles entre son émetteur et son récepteur.

PSU : *Power supply unit*, unité électrique, commande d'amplificateur permettant d'avoir un suivi sur l'alimentation électrique d'un amplificateur ainsi que sa température.

SQL : ou *Structured Query Language* est un langage informatique normalisé qui permet d'effectuer des opérations sur des bases de données, telles que l'ajout, la modification, la suppression ainsi que la recherche d'informations particulières.

SYS : System, Système, commande d'amplificateur permettant d'avoir les caractéristiques principales d'un amplificateur tel que son identifiant ou encore son temps de mise en fonction.

RFID : est un sigle signifiant *Radio Frequency Identification* où radio-identification en français, est une technologie à faible débit et coût pour récupérer des données utiles.

RSSI : *Received signal strenght indicator*, indicateur de la puissance d'un signal reçu, cela correspond à la force reçu sur un récepteur radio. C'est aussi une des commandes sur les amplificateurs permettant d'obtenir la force du signal à l'instant t.

VHF : *very high frequency,* La bande des très hautes fréquences est la partie du spectre radioélectrique s'étendant de 30 MHz à 300 MHz.

UHF : Ultra Haute Fréquence, est un terme désignant les fréquences allant de 300 à 3000 Mhz.

RÉSUMÉ

Xstrata est une multinationale possédant plusieurs mines exploitant différents minerais (or, cuivre, zinc, nickel et charbon) à travers le monde, dont une mine de zinc dans une petite ville du Nord-du-Québec, Matagami. Le système de communication mis en place au sein de cette mine propose une architecture câblée (câble coaxial non rayonnant) avec des antennes radio disposées en des points stratégiques de manière à offrir une couverture radio sans aucune discontinuité, pouvant mettre en péril les différents services et applications de communication supportés. Cette discontinuité est un défi majeur dans les domaines confinés pour une simple application d'échanges vocaux ou encore pour le transfert de données (ordinateurs, capteurs…).

L'exploitation de cette solution de communication a démontré une problématique liée à l'efficacité de la couverture radio dans des zones à forte densité d'interférences. En effet, lorsqu'un changement de décor induit par exemple par le stationnement d'un véhicule près d'un transmetteur (antenne réceptrice ou émettrice), une modification de la zone de couverture radio se produit. Cette modification, même minime, peut engendrer selon les cas de figure une perturbation plus ou moins grave du système de communication, provoquant des zones dites « grises », où la couverture radio est affaiblie ou des zones dites « blanches » où la couverture radio est complètement compromise.

Dans un espace confiné industriel minier, deux façons de déployer sont identifiées pour déployer un système de communication radio. La première est l'utilisation d'un câble rayonnant généralement *le « leakey feeder »*. Cette dernière est la solution majoritairement utilisée, car elle a fait ses preuves au sein de l'industrie minière. La seconde manière consiste à utiliser un système d'antennes distribuées relayées à un câble non rayonnant pour diffuser un signal radio tout au long de la zone de communication à couvrir.

Le travail présenté dans ce mémoire consiste à proposer une approche permettant de surveiller la couverture radio tout en réduisant les zones d'ombre en adaptant la puissance d'émission des éléments actifs (amplificateur) déployés le long du système de communication. Pour ce faire, une première étape consacrée à l'étude de la couverture radio afin de déterminer si les antennes sont déployées de manière optimale en vue de notre cas d'étude. Ensuite, un état de l'art est dressé pour recenser les différentes techniques permettant l'ajustement d'une couverture radio afin de réduire ou même supprimer les éventuelles zones d'ombres.

Afin de proposer une implémentation efficace de l'approche proposée et de permettre la validation de celle-ci, nous nous sommes intéressés plus particulièrement au système de communication de la mine Matagami. L'idée de base consistait à utiliser un retour d'information généré par des balises radio déployées le long des zones de communication à surveiller. La proposition revient donc à un système de collecte des informations sur la puissance de signal perçue au niveau d'une balise puis se servir de cette information pour contrôler, de manière adaptative, le fonctionnement des éléments actifs du système de communication.

Mots clés : Communication sous terre, antennes distribuées, RFID, zones grises, couverture radio.

ABSTRACT

Xstrata is a global company operating several mines which exploit different ore (gold, copper, zinc, nickel and coal) around the world, including a zinc mine in a small town in northern Quebec, called Matagami.

Xstrata Zinc mine at Matagami use a communication system that rely on "Distributed Antenna" deployed in areas in order to cover all mine space where communication (voice or data trafic) is needed.

This communication solution has an radio coverage issue when change occurs in the communication area. Indeed, when a change appears, for example, vehicle park near to a transmitting antenna, the communication links may be disrupted or even in worse case may be broken. In this work, an approach reducing or avoiding shadowing effect is proposed. The key idea of this approach relies on adjusting the power gain of amplifiers deployed along the communication network infrastructure. In order to achieve efficient adjustment of these amplifiers, feedback information is collected from a RFID tags deployed in areas sensitive to the shadowing effect. The collected information is used to adaptively controlling and adjusting the gains of infrastructure amplifiers.

Key words : Underground communication, distributed antenna, RFID, shadowing effect.

CHAPITRE I : INTRODUCTION

1 Contexte de l'étude

J'ai effectué ma maîtrise à trois endroits différents, à l'Université, dans un laboratoire de recherche et pour finir là où j'ai passé la majorité de mon temps en entreprise.

Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue ou UQAT est située dans la ville de Val d'or. Cette dernière est une ville industrielle minière au nord-ouest du Québec. Elle a été créée lors du développement des mines d'or. En effet cette ville possède une des plus grandes richesses souterraines du Québec, avec son sol contenant plusieurs types de minéraux très recherchés, tels que le zinc, l'or, le cuivre, mais aussi du plomb et de l'argent.

De nos jours, grâce à un marché boursier du minerai haut, l'industrie minière est en pleine expansion. Mais malgré des systèmes mécaniques de plus en plus évolués, il reste primordial pour la sécurité des personnes, mais aussi des équipements d'avoir un système de communication opérationnelle et au meilleur de ses capacités. Or la mise en place des mêmes réseaux que ceux mis en surface n'est pas envisageable. En effet, les modifications dues au confinement et aux obstacles propres au milieu minier demandent donc d'adapter les technologies existantes.

Ce travail a été mené au sein du laboratoire de recherche Télébec en communication souterraine (LRTCS), et dans le cadre d'un programme de bourse en milieu pratique (BMP) fiancé par l'FQRNT. La problématique traitée dans ce travail provient de défis rencontrés lors de déploiement de réseau de communication radio au sein des galeries souterraines d'une mine de zinc située à Matagami et appartenant au groupe industriel Xstrata zinc.

La mine Xstrata zinc est une branche de la multinationale Xstrata basée en Espagne. Au fil des années, la mine de Matagami a vu se concrétiser de nombreux projets (voir Figure 1). La ville de Matagami se situe à la limite de la région d'Abitibi et de la région de la Baie James. C'est une ville relais qui subsiste principalement grâce à la mine de zinc d'Xstrata, l'entreprise d'accueil des travaux de ce mémoire.

Rapport-Gratuit.com

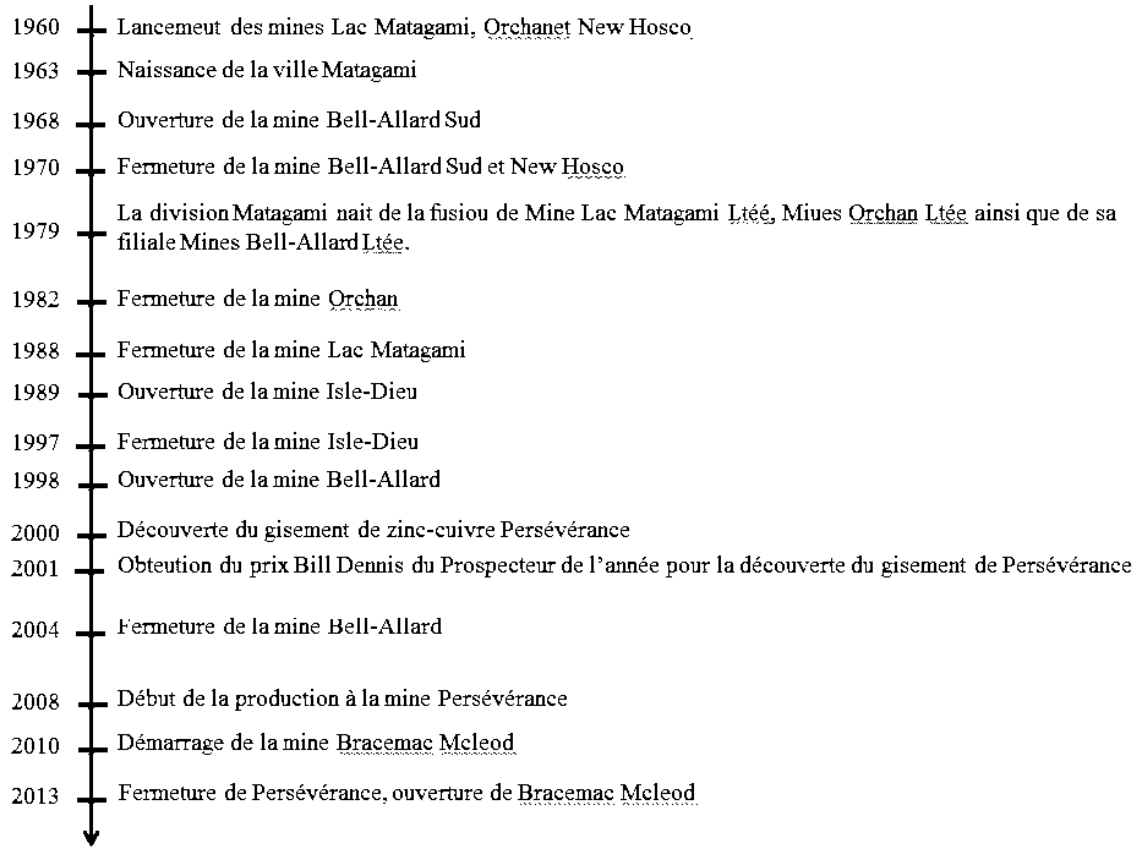


Figure 1 : Synoptiqne temporel de l'évolntion de la mine de Matagami

L'entreprise comporte trois différents sites situés : au Lac Matagami qui comporte le bureau administratif et le concentrateur; Le site Persévérance qui est fermé actuellement, mais il était ouvert durant l'élaboration de nos travaux de maîtrise et possède jusqu'à présent un système de communication fonctionnel sous terre et en surface; et le site du nouveau projet Bracemac Mcleod en cours d'exploitation. L'espace qu'occupe l'entreprise à Matagami S'étend sur plusieurs dizaines de Km^2.

Le besoin en communication est très diversifié, en effet il y a plus de 250 personnes qui travaillent sur les différents sites. Ce besoin comprenant aussi bien les échanges d'information pour la gestion de pièces pour et entre les mécaniciens que du trafic issu de divers logiciels et applications utilisés par les personnels des services administratifs ou encore les géologues. D'une manière générale, les mines peuvent se classer en plusieurs types dépendant de la manière dans elles sont exploitées. Une mine à ciel ouvert ou appelé communément par son terme anglophone « *Open pit* » est mise en place lorsque le minerai se trouve relativement proche de la surface. Contrairement, aux mines souterraines où il faut creuser des longs tunnels ou galeries pour atteindre

le minerai. Il existe principalement deux modes d'exploitation pour les mines souterraines : celle dite mécanisée où on utilise des véhicules motorisés tels des camions, tracteur, etc. pour miner, l'autre non motorisé, exploité directement par une personne réserver exclusivement pour les exploitations de filon d'or avec des galeries très étroites ou aucun véhicule ne peut circuler. Dans une exploitation minière, on peut retrouver un mélange de ces modes d'exploitation combinant à la fois entre une exploitation à ciel ouvert et des galeries souterraines, c'est le cas de la mine de Matagami. Ces différences de mode d'exploitation impliquent des déploiements distincts des moyens de communication de manière à répondre aux besoins de communication.

Le système de communication de la mine Matagami est composé d'une partie centrale, qui comporte les principaux serveurs de la compagnie, est située sur le site Lac Matagami (ou MLM), un système de communication sans fil de type *WiFi* relie les différents lieux distants (Persévérance et Bracemac/Mcleod). Toutes les informations échangées en surface sont transportées à l'aide de différentes technologies de communication. On dénombre principalement l'usage d'un réseau de fibres optique, d'un réseau Ethernet et d'un réseau en micro-ondes radio.

Xstrata possède une infrastructure complexe qui repose sur plusieurs types de technologie de communication. Pour des raisons de sécurité, les différentes informations telles que les adresses des équipements, les noms de matériels et autres ont été supprimés. Sur la Figure 2 on retrouve des groupes d'ordinateurs n'appartenant pas toujours au même réseau, des commutateurs, des serveurs,… Toutes ses technologies sont gérées par le service informatique de l'entreprise.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

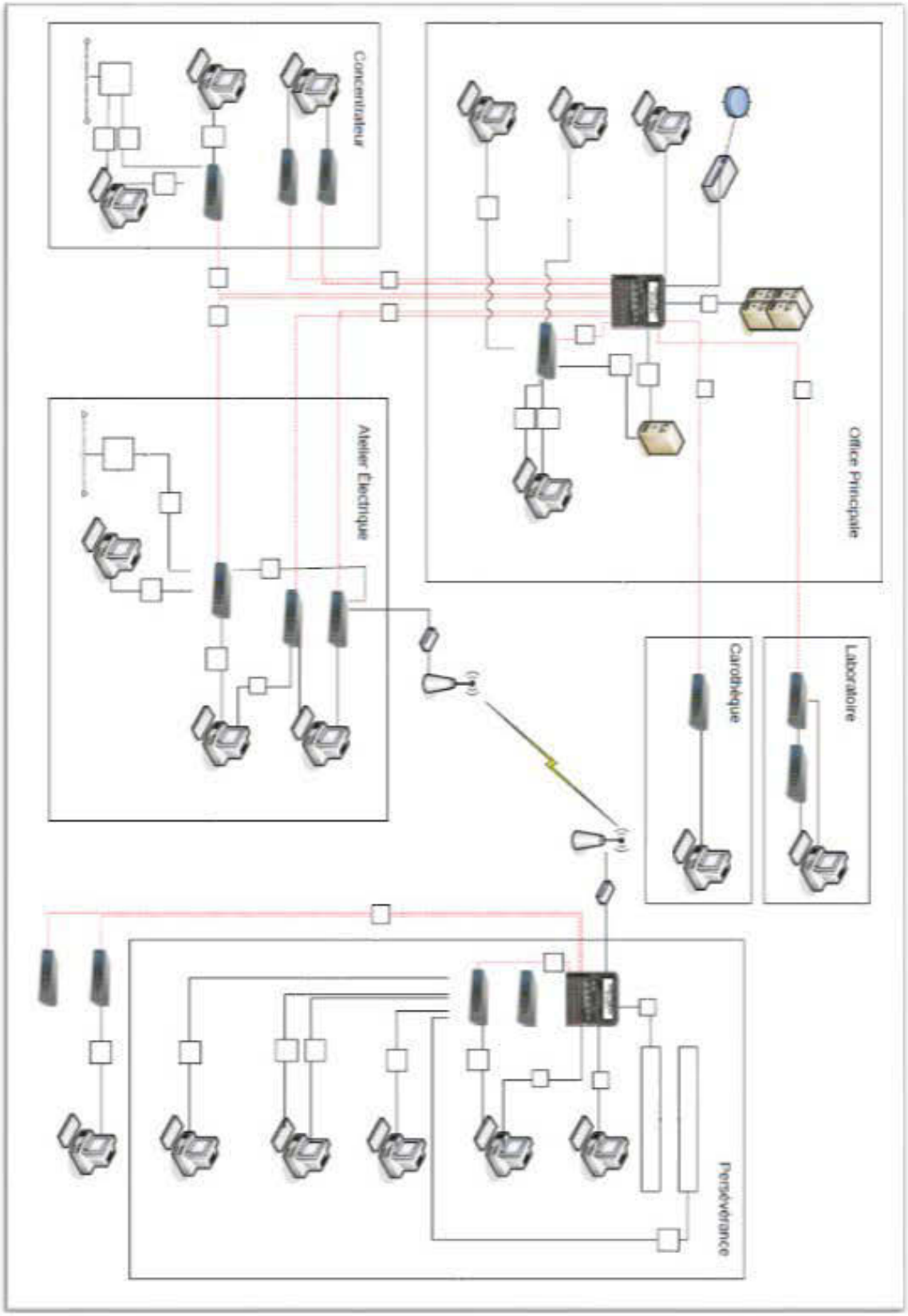


Figure 2 : Infrastructure réseautique de la Mine Matagami

Avec un nouveau site en construction Xstrata zinc Matagami souhaite l'amélioration de son système de communication sous terre afin de l'optimiser au mieux pour ces besoins futurs en communication. Cette recherche constante d'amélioration des systèmes mis en place permet une meilleure sécurité sous terre, mais aussi des meilleures performances quant à la récupération de données.

2 Problématique de recherche

La mine de Matagami dispose d'un système de communication souterrain fonctionnel, mais qui présente quelques limites au niveau de la couverture radio. La mine est de type mécanisé, comme une bonne partie des mines d'aujourd'hui. Cette particularité engendre des problèmes ponctuels de communications qu'il est possible alors d'appeler effet d'ombrage ou zone grise. En effet lors du passage ou de l'arrêt de véhicules près des antennes radio, les liens de communications se servant de ces antennes obstruées se retrouve perturbée ou pire encore coupées. Ces perturbations sont principalement dû aux interférences électromagnétiques, attribuable à la mécanique de l'appareil en lui-même, à sa taille ainsi qu'à sa masse métallique qui font obstruction à la propagation du signal radio.

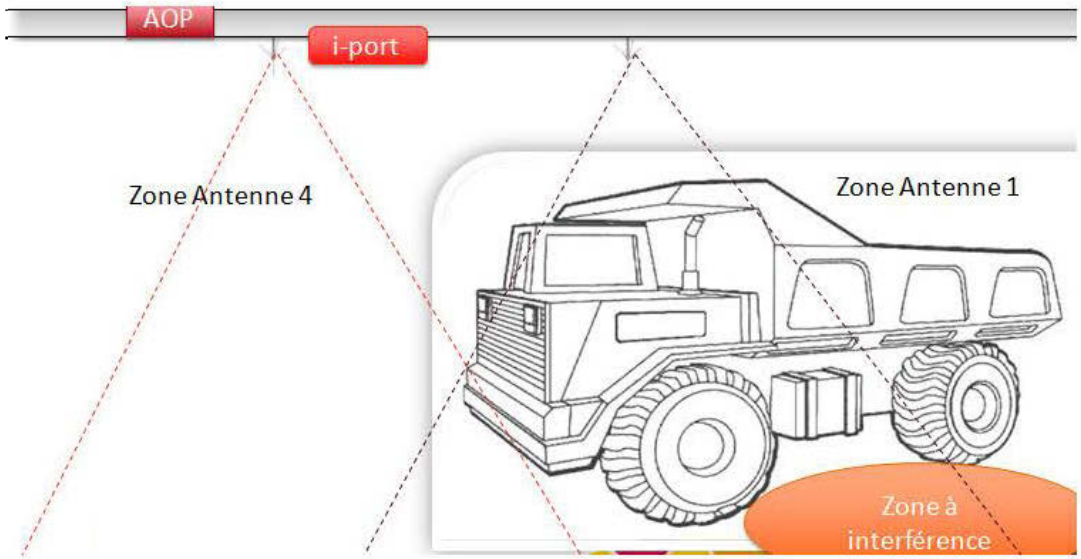


Figure 3 : Solution envisagée

Afin de minimiser les problèmes de zones grises pour le système de communication souterraine de la mine d'Xstrata, nous avons adopté une solution automatisée de gestion des

amplificateurs ou groupe d'antennes. Cette solution est viable uniquement parce que les problèmes de zones grises dans ce cas de figure sont intermittents. En temps normal, une augmentation de la puissance produit une augmentation du bruit. À peu près la moitié de la puissance ajoutée donne du bruit. Il n'est donc pas recommandé de se placer dans ce cas sur une longue durée, voire permanente, en revanche, il est possible de le faire sur une courte période et avec des perturbations assez faibles. Or l'installation des systèmes de communication sous terre correspond à ces caractéristiques. Les amplificateurs ayant la particularité de pouvoir contrôler leur gain, il est ainsi possible de les modifier à distance à travers des commandes.

Afin de réaliser ce travail, plusieurs étapes sont effectuées :

- Compréhension des phénomènes de radio propagation impliqués dans la création des problèmes de zones grises.
- Découverte de la technologie liée à la gestion des amplificateurs, préambule nécessaire à la création de la solution.
- Proposition d'une approche de contrôle de la couverture radio.
- Validation et étude de performance de la solution.

Ce mémoire est organisé comme suit :

Le prochain chapitre présente les technologies de communication déployées dans les environnements miniers souterrains. Il rappela particulièrement les communications radio en présentant les principaux phénomènes de propagation tout en présentant les deux principales techniques de déploiement d'un réseau sans fil dans un milieu confiné souterrain. Le troisième chapitre décrit la technologie des balises RFID en abordant une description de son fonctionnement et de son architecture. Les deux chapitres qui suivent décrivent l'approche proposée pour réduire ou supprimer dynamiquement les zones grises ainsi que la validation et l'évaluation des performances de l'approche proposent en la mettant en œuvre au niveau de la mine Matagami.

CHAPITRE II : APPROCHE DE DÉPLOIEMENT D'UN RESEAU SANS FIL

1 Architecture d'une mine avec un environnement souterrain

Plusieurs technologies de communication sont déployées dans les environnements miniers souterrains. La mise en œuvre de ces dernières nécessite de prendre en compte certains critères géologique et géométrique du milieu minier qui ont de l'incidence sur les systèmes de radiofréquence [11]. À titre d'exemple les puits (appelés communément par son nom anglais *shaft,* voir Figure 5), les galeries (voir Figure 4), et les trous de mine sont des configurations qui peuvent se trouver sous terre, mais ayant des particularités bien distinctes les unes des autres.

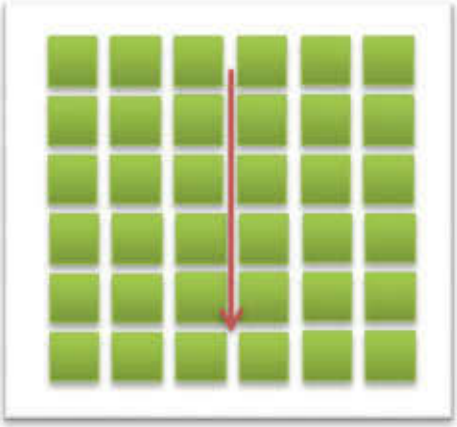


Figure 5 : Puits avec un ascenseur

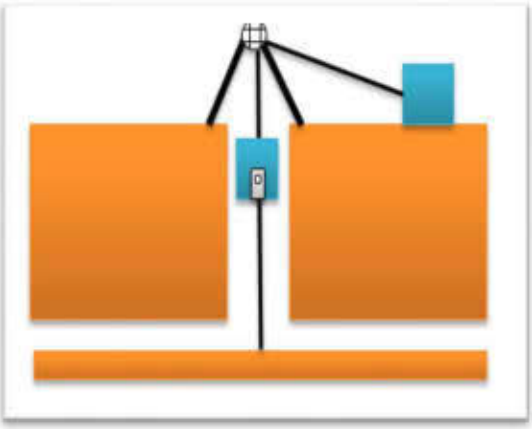


Figure 4 : Schéma global des galeries d'une mine

Chaque site minier est un cas particulier d'un point de vue structurel, mais aussi en raison des contraintes subies pour suivre et atteindre les zones d'exploitation. Malgré cela il est possible de déterminer une structure générale commune, pour le déploiement d'un réseau de communication en milieu confiné. Cette dernière regroupe tous les types d'équipements qu'une entreprise souhaiterait mettre en place pour la sécurité et la gestion du travail de son personnel. Ils existent plusieurs sortent de mines, les trois types généraux sont :

- Les mines à ciel ouvert.
- Les mines souterraines avec un ascenseur pour les hommes et les machines.
- Les mines souterraines avec une rampe d'accès, accessible avec un véhicule.

Des variantes peuvent exister, mais c'est ces trois cas de figure qu'il faut prévoir pour la communication sans fil. Dans le cadre de ce mémoire, on s'intéresse plus particulièrement au cas

numéro trois, une mine souterraine mécanisée avec rampe. Dans ce cas, un schéma global de l'infrastructure réseaux pourrait donner ceci :

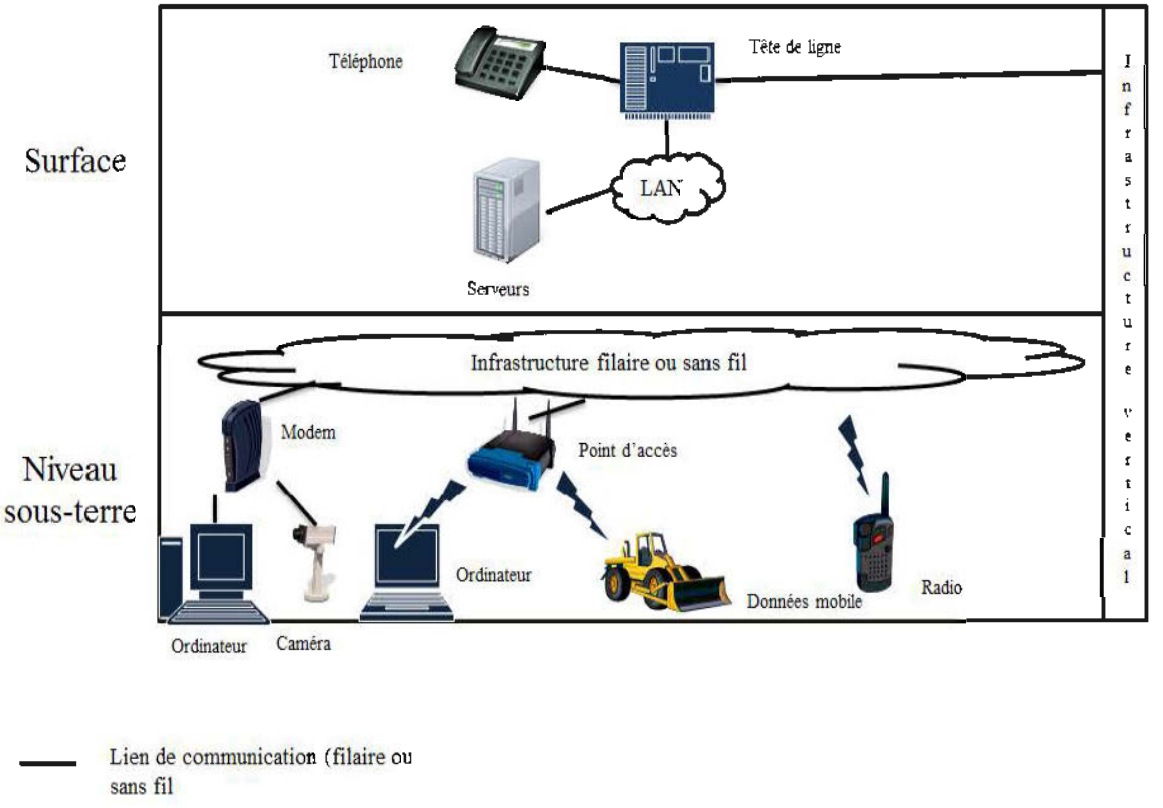


Figure 6 : Structure générale d'un réseau dans une mine souterraine

Différents types de communication peuvent coexister sous terre, la plus répandue est bien sûr la parole avec les systèmes radio. Il y a aussi les données mobiles telles que les systèmes de contrôle à distance, très utiles pour les zones à forts risques pour la sécurité des personnes. Aussi le contrôle par vidéo des zones dites sensibles telles que les emplacements des explosifs, des détonateurs, des pompes. Cette diversité implique une installation adéquate de tout le matériel destiné à faire le transfert des informations, et ce peu importe la ou les solutions mises en œuvre.

Pour le cas des structures utilisant des antennes ou un système de rayonnement des ondes il est nécessaire d'avoir des connaissances sur la propagation des signaux RF (radio fréquence).

2 Propagation d'un signal RF

La propagation d'un signal radio dépend de plusieurs données, et peut varier d'un simple trajet direct (LOS) à la présence de chemins indirects (NLOS) dû aux différents obstacles situés

dans la zone de communication (hommes, équipements, types de roches, etc.). Comparativement aux systèmes filaires qui sont prévisibles et stationnaires, les signaux radio sont aléatoires et ne permettent pas une analyse simple, notamment dans des environnements aussi complexes que les mines souterraines. Dans un environnement confiné, même avec une ligne de vue directe entre l'émetteur et le récepteur, le fait d'être dans une galerie avec des parois souvent irrégulières, et/ou avec des méthodes de soutènement métallique, cela provoque des trajets multiples de la propagation du signal. Ce qui peut engendrer à la réception des interférences plus ou moins importantes ou s'il est géré de manière adaptée, il peut devenir un atout pour couvrir des zones qui ne sont plus en visibilité directe. Les principaux phénomènes perturbateurs de la propagation des ondes électromagnétiques sont la réfraction, la réflexion, la diffraction, la diffusion.

La réfraction ; ce produit lorsque les ondes radio sont capables de passer au travers d'un obstacle, que ce soit une paroi ou un objet. Si cela se produit alors il y a un affaiblissement de la puissance et une déviation du signal vers une autre direction.

La réflexion ; ce produit lors de la rencontre d'un obstacle qui est incapable d'absorber le signal. Cela est observable quand l'obstacle est de dimension supérieure à la longueur d'onde du signal.

La diffraction ; est produite lors de la rencontre d'une pointe ou d'une arrête. Cela provoque un changement de direction de l'onde.

La diffusion ; produit lorsque le signal touche des obstacles ayant des dimensions de l'ordre de la longueur d'onde similaire ou inférieure au signal.

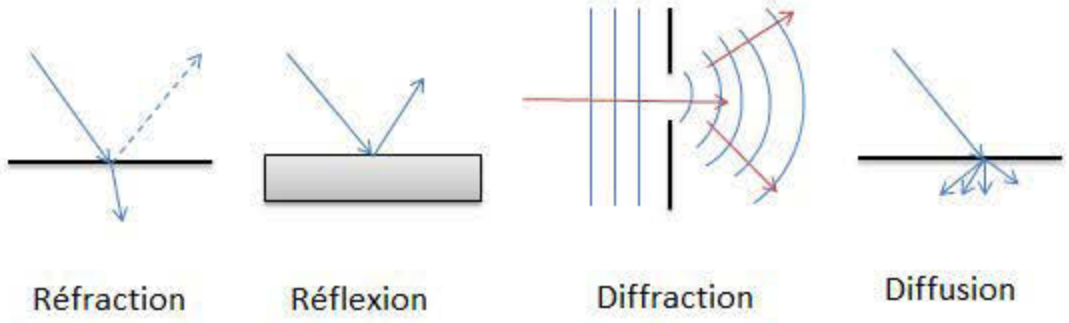


Figure 7 : Phénomènes perturbateurs de la propagation

Afin de prédire le comportement du signal, des modèles de propagation sont nécessaires pour prédire le niveau moyen des ondes reçu selon une distance donnée de l'émetteur. Les modèles dits de propagation à grande échelle prédisent le niveau moyen du signal pour une distance entre

l'émetteur et le récepteur. Ces dernières sont très utilisées pour estimer la couverture radio d'un transmetteur, car ils caractérisent le niveau du signal reçu à une distance donnée séparant émetteur-récepteur.

Les modèles de propagation prédisant les changements rapides du niveau du signal reçu sur une distance courte, ou sur une courte de durée de temps, sont appelés modèles de propagation a petite échelle. Il est provoqué par l'interférence entre deux copies ou plus des ondes transmises qui arrivent au récepteur à des temps légèrement différents. C'est ce que l'on appelle trajets multiples. Ils se combinent à l'antenne du récepteur de manière à donner un signal résultant qui peut changer considérablement en amplitude et en phase, selon la distribution de l'intensité et de la période relative de la propagation des ondes et la largeur de bande du signal.

À la Figure 8, les évanouissements à petite et à grande échelle sont représentés pour un système de communication interne [13].

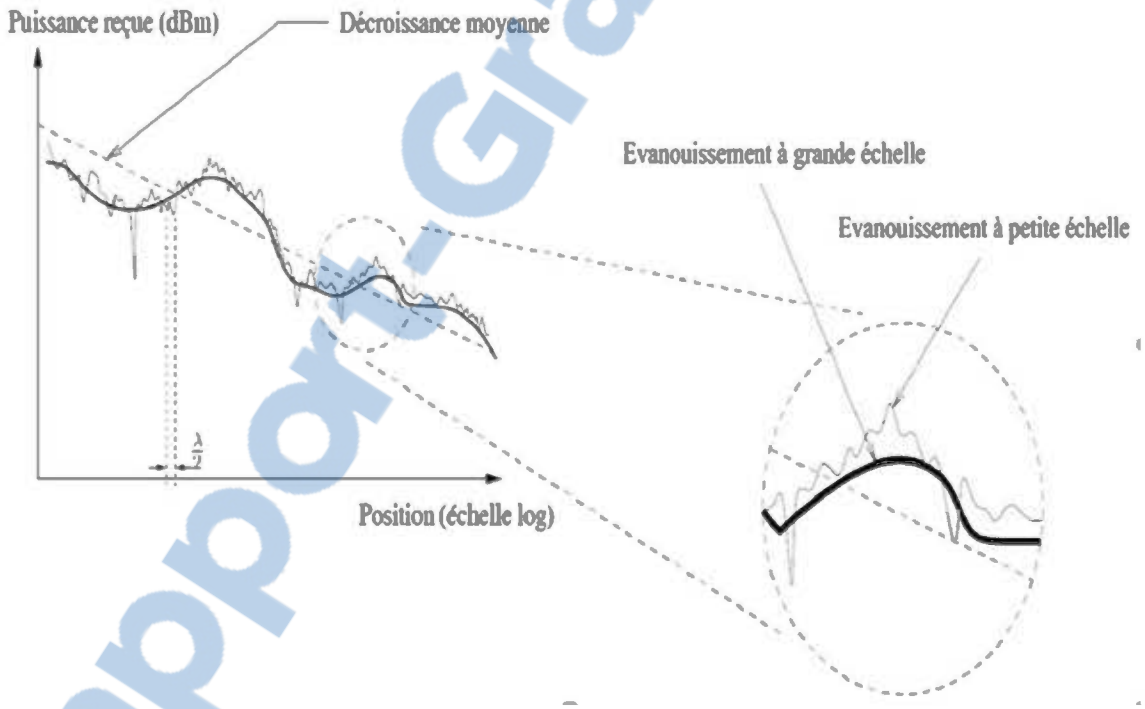


Figure 8 : Évanouissements à petite et à grande échelle par un signal de longueur d'onde λ

Pour un déplacement sur une courte distance, le niveau instantané du signal reçu peut fluctuer rapidement causant un évanouissement à petite échelle. Car ce dernier est la somme de plusieurs trajets des ondes venues de directions différentes.

Rapport-Gratuit.com

En conclusion la propagation d'un signal radio à l'intérieur d'un tunnel est sujette à une complexité induite par les différents phénomènes de propagation qu'il faut maitriser avant de déployer un système de communication adéquat.

3 Approches de déploiement sans fil dans les mines

3.1 Câble rayonnant

Leaky feeder ou câble rayonnant (fuyant) est la technique à ce jour, la plus utilisée dans le domaine minier actif. L'engouement pour cette technique est dû principalement en raison d'une cause humaine. En effet encore aujourd'hui peu de mines recrutent des personnes ayant des capacités ou des connaissances dans le domaine des télécommunications souterraines. Les entreprises choisissent souvent le système le plus simple (en termes de coût et de main d'œuvre), ici le câble rayonnant.

Ils disposent de deux propriétés très intéressantes : il transporte le signal et sert d'antennes en même temps. Ce dernier a pour particularité de produire un champ électromagnétique (où ondes), sur toute sa longueur [2].

Les câbles coaxiaux ont une gaine de cuivre entourant le câble lui-même pour empêcher le signal de s'échapper sur toute la longueur du câble. Dans le cas du câble fuyant, au lieu d'avoir une protection complète sur le cœur du câble (tige en cuivre), de petit trou ou lacération sont inséré sur la gaine de protection selon un schéma prédéfini. Ce dernier permet d'obtenir des bandes de fréquences désirées pour le support des communications sans fil (voir Figure 9).

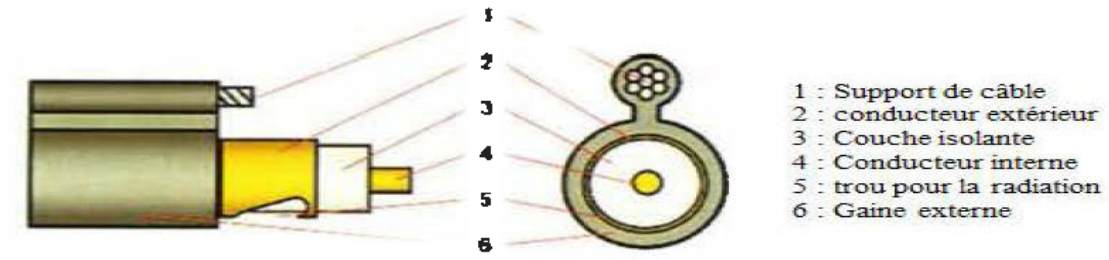


Figure 9 : Structure du câble rayonnant

La quantité de rayonnement est quantifiée par la perte de couplage. La perte de couplage est définie comme la différence entre la puissance transmise dans le câble et la puissance reçue par une antenne dipôle $\lambda/2$ situé à une distance de 2 mètres à partir du câble [16].

Des amplificateurs bidirectionnels (appareils permettant d'avoir des plages de fréquences allouées pour signal montant et descendant) et des diviseurs de ligne sont installés à intervalles réguliers pour compenser la perte de signal le long du câble [5]. Ce système devient très sensible aux bruits ambiants, sa portée devient de plus en plus faible si l'on doit augmenter la fréquence du signal et le coût de l'infrastructure devient alors de plus en plus dispendieux.

Il est à noter que la majorité des câbles rayonnants installés dans l'industrie minière se limite aux fréquences VHF et parfois aux UHF.

La technique du câble rayonnant est très intéressante pour la majorité des entreprises visant la simplicité de déploiement. Néanmoins s'il est mal utilisé ou mal dimensionné selon les besoins, il devient à long terme une solution désavantageuse et couteuse avec les inconvénients majeurs suivants :

- Faible débit.
- Faible qualité de voix.
- Très dispendieux sur des longues distances.
- Sensibilité accrue aux bruits dus aux machineries.
- Signal fluctuant en raison du changement de température.

C'est pourquoi il est important de dimensionner le déploiement des amplificateurs et antennes de manières judicieuses pour éviter les pertes associées. Ils existent différents modèles permettant de calculer ces pertes, dans celui dit modèle de perte ou d'atténuation de propagation (*propagation loss model*). Il est à noter que le degré d'atténuation dans l'ensemble du câble rayonnant est inférieur à la propagation en espace libre de la mine. Il est donc possible d'en conclure que ce système de communication permet d'augmenter la plage de propagation des ondes [19, 10].

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

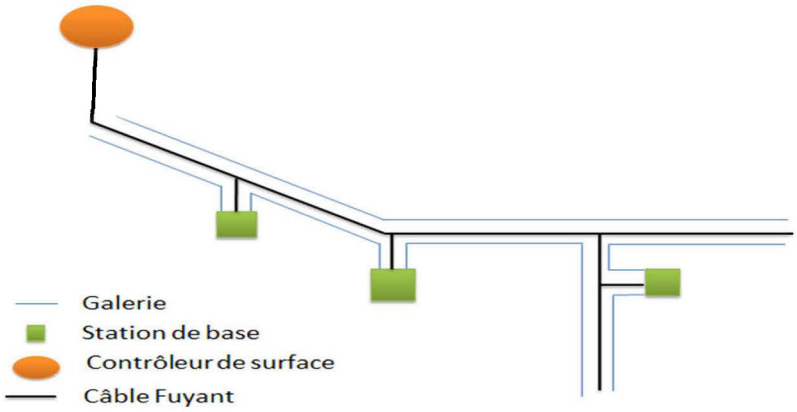


Figure 10 : Exemple de déploiement du câble rayonnant

La Figure 10 représente la structure typique d'un réseau utilisant les câbles rayonnants. Le contrôleur de surface est responsable de coordonner le flux de communication au sein de la mine en termes de gestion des canaux tout en garantissant une qualité de service. Les stations de base représentées correspondent à des terminaux radios dites « fixes » (installées de manière permanente sur des équipements), et des radios mobiles (radios portatives que tous les mineurs doivent posséder). À noter que dans la majorité des mines utilisant le câble rayonnant le système de transfert de voix et le système d'échanges de données sont indépendants l'un de l'autre. Le câble rayonnant est utilisé pour les terminaux radios, il permet de couvrir la totalité de la mine, un système annexe tel que de la fibre optique est installé pour couvrir les besoins en transmission de données de types automates, ordinateurs, caméras et autres. Le type d'infrastructure développant un système radio ainsi que des ordinateurs, caméras, etc. est présenté dans la Figure 11.

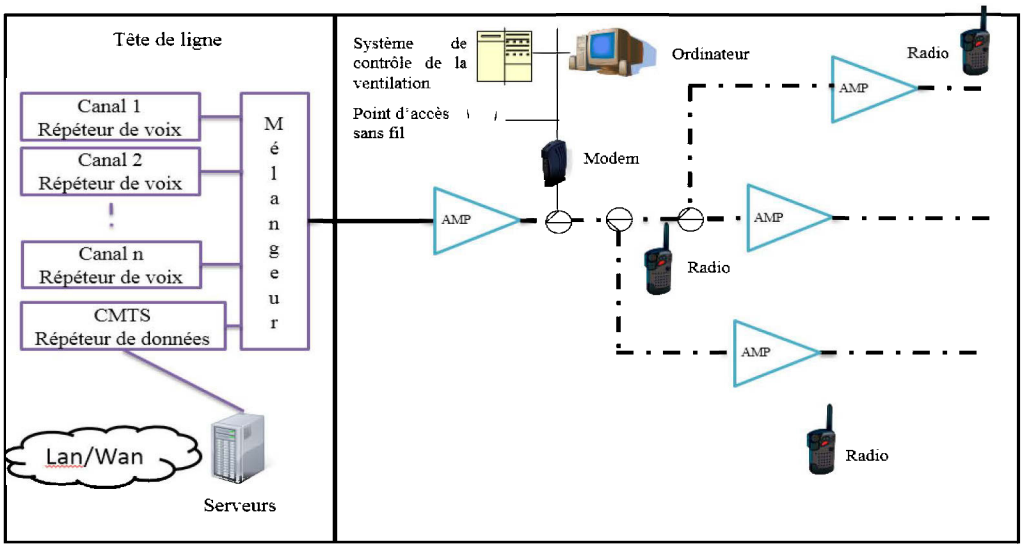


Figure 11 : Structure générale d'un système de câble fuyant fournissant divers services

Afin de transmettre le système de radio multicanaux et des données, le système utilise des amplificateurs bidirectionnels. Le Tableau 1 montre un plan de fréquence utilisable pour le câble rayonnant, il énumère la gamme de fréquence possible de chaque bande.

Numéro de la bande	Nom de la bande	Fréquence
1	Données en amont	5-42 MHz
2	Voix en aval	155-158 MHz
3	Voix en amont	172-175 MHz
4	Données en aval	220-232 MHz

Tableau 1 : Plan de fréqunce pour le système du câble rayonnant

Si de nouvelles galeries sont creusées, l'ajout d'un nouveau câble permet de créer une continuité dans le réseau, et dans ce cas là aussi il est inutile de faire une nouvelle étude de la topologie. Ceci n'est pas le cas de l'approche présenté subséquemment.

3.2 Antennes distribuées

En ce qui concerne le principe des antennes distribuées. C'est un système très attractif qui a été conçu à la base pour couvrir ce que l'on appelle des zones mortes ou un effet d'ombrage complet. Autrement dit, ces des zones sans aucune couverture radio. En ce qui concerne les environnements confinés, cette technologie permet de fournir une couverture radio prédéterminée et permet également de réduire la puissance transmise du système [6-17]. La figure ci-dessous représente la structure classique d'un système d'antenne distribué pour un milieu confiné. L'avantage notable de la solution d'antennes distribuées est la partie concernant les antennes, car elles permettent de couvrir une plus large zone au besoin juste en changeant le type d'antenne.

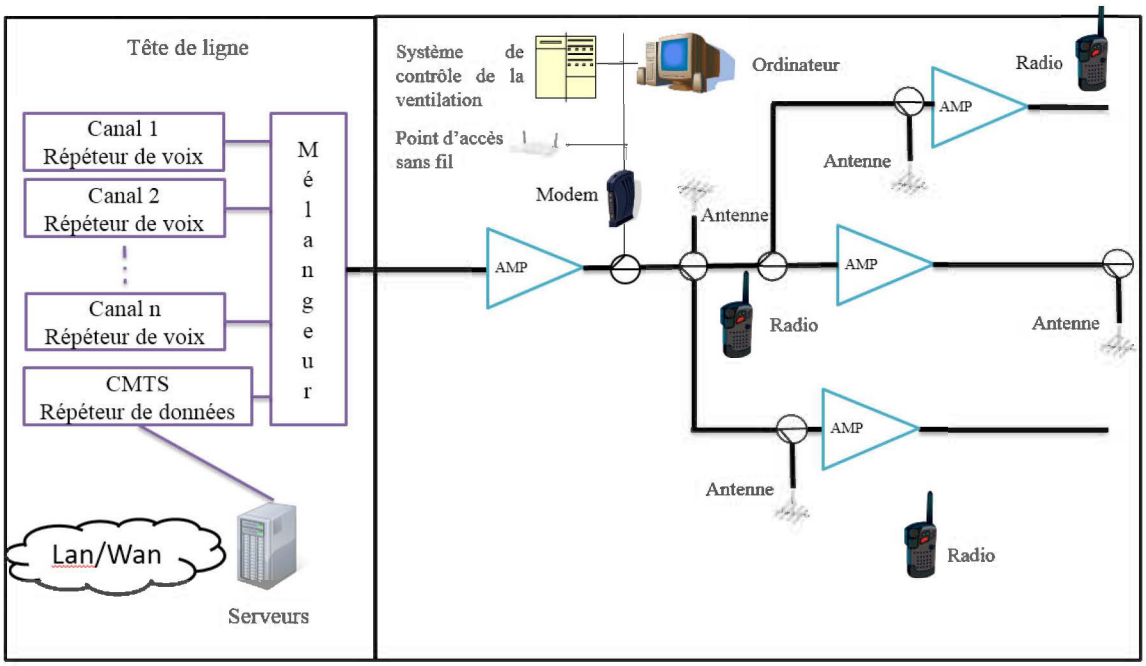


Figure 12 : Structure générale d'un système d'antennes distribuées fournissant divers services

Afin de placer aux mieux tous les équipements, il faut déterminer différentes données telles que la disposition de la galerie (largeur, hauteur…), les pertes associées aux équipements et savoir où placer les antennes ainsi que les amplificateurs afin d'avoir une couverture radio qui soit la plus optimale.

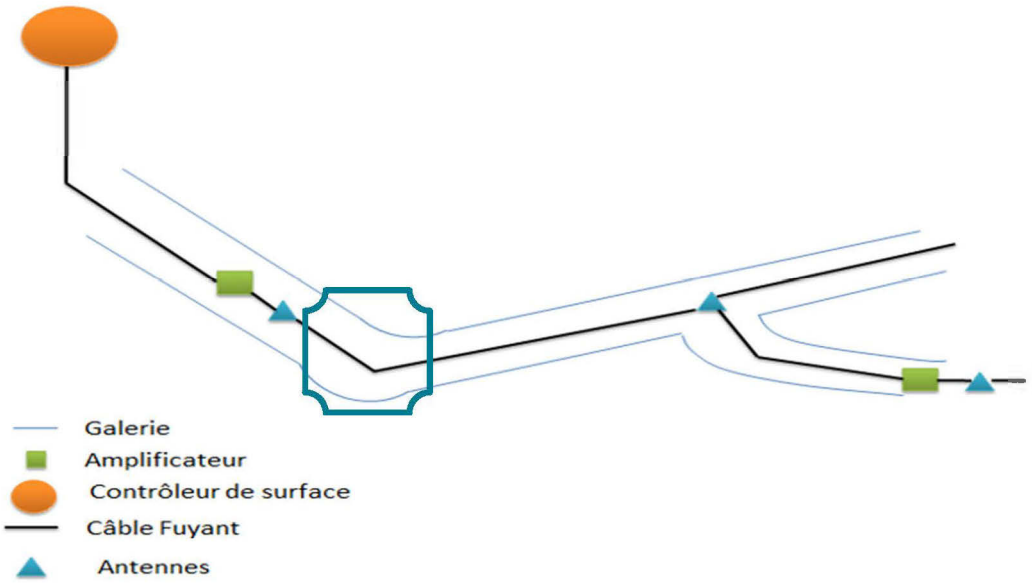


Figure 13 : Exemple d'un système d'antennes distribuées

La Figure 13 représente une galerie typique. Lorsqu'une zone de communication est créée, il faut prêter attention à l'endroit où sont situées les différentes antennes. En effet, si elles ne sont pas positionnées correctement, par exemple dans le coude de la galerie (forme bleue; représentant un zoom sur la zone problématique), il apparaîtra une zone blanche, zone où il n'y a pas de communication possible.

Si l'antenne est positionnée trop en avant du coude alors à cause de la nature du signal UHF, les ondes ne seront pas répercutées correctement est donc ne dépasseront pas le coude.

Un autre problème notable est que si l'antenne est mal positionnée alors l'angle d'incidence de l'onde avec la paroi ne sera plus valide. C'est-à-dire que le signal sera absorbé par les parois de la mine. Mais la configuration d'un tel système n'est valable qu'à l'instant donné t, si le moindre changement de topologie apparaît, il faut adapter le réseau en fonction de ce dernier. C'est l'inconvénient majeur de cette solution.

	Avantages	Inconvénients
Câble fuyant	Économique Facile à installer sur des lignes droites	Fonctionne en haute fréquence, avec ajout de matériel (amplificateurs), devient alors de plus en plus coûteux portée très courte Problématique lors des intersections, doivent couvrir tous les embranchements
Antennes distribuées	Adaptées aux hautes fréquences Longue portée Zone plus large (croisement 1 antenne)	Dispendieux Connaissance de la topologie pour la mise en place, et son administration Sensible au changement de topologie

Tableau 2: Avantages et inconvénients des techniques de déploiement de réseau de communication dans les mines

En conclusion voici ci-dessus un résumé succinct des avantages et inconvénients de chaque procédé.

On remarque que les principales différences entre les deux techniques se situent au niveau du coût et de la facilité d'installation. Si le prix des antennes distribuées reste sensiblement le même,

il n'en va pas de même pour la technique du câble fuyant qui peut devenir très dispendieuse si les hautes fréquences sont utilisées. Cela est dû à l'accroissement des équipements nécessaires à la mise en œuvre réseau tel que les amplificateurs. Mais malgré cet inconvénient le système reste facile à installer et utiliser, au contraire du système d'antennes distribuées qui demande plus de connaissances et de suivi.

4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons commencé par souligner le besoin en système de communication dans les mines, notamment le besoin de communication sans fil.

Nous avons présenté par la suite les principaux phénomènes qui peuvent survenir lors de la transmission d'un signal sans fil afin de mieux cerner les contraintes et la complexité à laquelle une solution radio devrait faire face.

Enfin, nous avons présenté les approches utilisées pour le déploiement d'un tel réseau. Chacune des deux approches proposées présente plusieurs avantages et inconvénients. Dans le cas de l'approche avec un câble fuyant, les limitations de celui-ci à des fréquences inférieures à 1 GHz limitent le potentiel de l'exploitation de l'infrastructure du réseau aux solutions exploitants uniquement ces fréquences. La technique avec antennes distribuées s'affranchit de cette limite, mais présente un problème de choix de position des antennes et un problème de stabilité de la couverture dû au changement dans le canal de propagation qui constitue le cœur de nos travaux.

CHAPITRE III : TECHNOLOGIE RFID

1 Introduction

La technologie RFID est une solution aux multiples utilités, allant de la surveillance active d'une couverture radio, au suivi de marchandise. Le système RFID autrement dit l'identification par radiofréquence est une technique qui permet de mémoriser et de récupérer des informations à distance grâce à une étiquette qui émet des ondes radio.

Cette solution offre des avantages au niveau de son indépendance et autonomie énergétique. Dans ce chapitre, nous présentons en premier lieu une vue d'ensemble de cette solution puis une description de son fonctionnement et de son architecture.

2 Contexte du RFID

La technologie d'identification par radiofréquence (RFID) permet d'effectuer une identification sur des personnes ou des objets de façon automatique, en temps réel. Elle permet notamment aux entreprises un grand degré de contrôle sans précédent, permettant le suivi d'actifs comme des équipements mobiles, des parcs de véhicules et des stocks d'articles destinés à la vente au détail.

Contrairement à son prédécesseur, le code à barres, qui doit être lu manuellement, les étiquettes RFID émettent un signal sans fil qui contient de l'information précise sur chaque actif. L'information est captée par un transpondeur RFID manuel ou fixe, puis transmis aux bases de données pertinentes. Cette technologie peut être intégrée pour plusieurs emplois :

- **Optimiser votre processus d'approvisionnement** en exerçant un meilleur contrôle sur les activités de gestion des entrepôts. Il est alors possible de simplifier l'expédition et la réception, d'optimiser l'usage de l'espace de stockage, et réduire les coûts de main-d'œuvre et de logistique.
- **Assurer la sécurité de vos employés**. Permets d'assurer un suivi des personnes en temps réel. Dans certains cas un bouton alarme peut être rajouté à la solution RFID, afin de prévenir les personnes-contacts en cas d'urgence.
- **Faire le suivi de tous les actifs physiques**, qu'il s'agisse des biens internes, des stocks en entrepôt, d'un parc de véhicules de transport ou du parc automobile de l'entreprise.

- **Établir des rapports exacts** sur les actifs mobiles. Les processus manuels, sur papier, se prêtent aux erreurs humaines. Les étiquettes RFID passent à travers des lecteurs qui peuvent relayer à votre système interne, instantanément et avec précision, de l'information importante comme les quantités, les emplacements et les heures d'arrivée – sans qu'il soit nécessaire de réintroduire les données.
- **Réduire les coûts** liés au remplacement des équipements, des véhicules, des stocks, etc. qui sont perdus, contrefaits ou volés. Les étiquettes RFID peuvent être personnalisées selon les besoins : étiquettes durables sur l'équipement, étiquettes résistantes aux intempéries sur les véhicules, étiquettes de stocks pour les données d'entreposage, étiquettes discrètes pour les articles vendus au détail et plus encore.

Ci-dessous deux exemples de technologie RFID mise en place au sein d'une entreprise.

2.1 La gestion de la chaîne logistique

L'usage de la technologie RFID dans une chaîne logistique augmente la visibilité de produits tout le long de la chaîne au cours de leurs cycles de vie. Avec les étiquettes RFID les responsables de production peuvent identifier à tout moment les différents produits le long de la chaîne. Ils peuvent même saisir la vitesse à laquelle chaque item est produit à chaque étape de la chaîne logistique. Aussi la technologie permettra de prendre les décisions de production en fonction de données de vente en temps réel, au lieu de considérer les informations prévisionnelles. La technologie permet d'éviter des vols, diminue le délai d'attente entre les différentes entités de la chaîne logistique et les ruptures de stock.

Les autres avantages que la technologie RFID pourrait avoir dans une chaîne logistique sont de fiabiliser en temps les procédures de vérification des entrées et sorties de produits, la localisation de produits dans les entrepôts.

La technologie RFID combinée à d'autres paramètres physiques comme la température, l'humidité et autres offrirait de multiples applications dans les chaînes logistiques.

2.2 Sécurité et contrôle des accès

Le contrôle des accès et l'amélioration de la sécurité des zones sensibles comme les aéroports, les laboratoires, les bureaux et les écoles sont régis par la technologie RFID.

Rapport-Gratuit.com

L'administration canadienne de la sûreté du transport aérien (CATSA) utilise dans le cadre de son programme, la technologie RFID depuis 2004. Ce qui permet de procéder au contrôle physique des accès et de coupler le système à une reconnaissance biométrique de zones sensibles.
Cette même technologie se retrouve sur le site de Matagami. En effet la compagnie Xstrata utilise à des fins de sécurité des cartes d'accès de type RFID (avec contact). Ces cartes permettent dans un premier temps l'accès aux différents sites de l'entreprise ainsi que pour certaines personnes à des armoires sécurisées. Ces armoires sont en fait des entrepôts pour du matériel sensible et coûteux, cela permet un suivi des personnes qui se serve du matériel. De plus ce système de carte permet en cas d'urgence de connaitre le nombre de personne sur le site en situation d'urgence, ce qui permet de réduire les temps de réaction avec les secours en cas de recherche de personnes ou autres.

Dans le cas de mine Matagami, la technologie RFID va servir dans un premier temps à créer un système automatique de gestion des éléments actifs sous terre, et dans le futur un suivi des personnes et matériels sensibles, avec la même infrastructure.

3 Les composants d'un système RFID

Un système RFID est composé de trois éléments, afin d'identifier les marqueurs, objets ou personnes visées.

Ces trois composants sont les suivants :

- Un marqueur (étiquette, transpondeur ou encore tag), qui est composé d'une puce semi-conductrice, une antenne et parfois selon le besoin d'une batterie.
- Un appareil de lecture/ écriture (station de base, base) selon les cas, qui est composé d'une antenne, d'un module électronique pour les radiofréquences ainsi qu'un module de contrôle.
- Un contrôleur (hôte) souvent pour simplifier le système fait référence à un ordinateur ou un serveur de base de données par exemple.

Le marqueur et l'appareil de lecture se communiquent des informations au moyen d'ondes radio. Lorsqu'un marqueur arrive dans une zone de lecture, l'appareil de lecture envoie un signal radio pour signifier au tag qu'il peut transmettre les données. Une fois les informations récupérées, elles sont transmises de manière « conventionnelle » (interface réseau standard) au contrôleur. Les étapes décrites ci-dessus sont résumées à l'aide de la Figure 14.

Figure 14 : Les composants d'un système RFID

Une fois les informations relayées au contrôleur, celui-ci va devoir les archiver dans une base de données, ou les analyser et les traiter selon l'utilisation prévue du système.

3.1 Les tags

La fonction de base des tags RFID est de contenir des informations (espace de stockage), puis les transmettre. Sous sa forme de base, un marqueur n'est rien de plus qu'une antenne liée à une puce électronique. Mais certaines sont plus élaborées et contiennent également une batterie, c'est ce qui différencie les tags actifs des tags passifs.

Un tag actif est un marqueur disposant d'une source d'énergie telle une batterie, pour la transmission de données. Disposer d'une source d'énergie supplémentaire permet de créer un dispositif RFID plus complexe, cela autorise au système une plus grande liberté avec un temps de transmission plus long, ainsi qu'une portée pouvant atteindre une centaine de pieds (plus de 30 mètres). Cette source d'énergie supplémentaire est également un atout pour améliorer la capacité de stockage, autrement dit la mémoire de la puce, grâce à cette énergie elle peut aller jusqu'à 128 kbit [5]. Ce genre de dispositif a un coût plus élevé à la production, mais les avantages d'un tel système sont considérables.

Les marqueurs dits passifs sont quant à eux des dispositifs ne disposant pas de batterie. Leur portée est donc considérablement réduite moins de deux pieds (1 mètre). La mémoire est elle aussi diminuée avec seulement quelques kbit. Ces derniers peuvent envoyer leurs informations, grâce au signal reçu de l'appareil de lecture (qui doit être plus puissant qu'avec les tags actifs).

Certaines étiquettes passives sont néanmoins équipées de batteries, mais ces dernières ne peuvent être utilisées que pour une raison donnée à des appareils électroniques annexes (autres

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

que pour la transmission radio) de la puissance. Ce genre de procédé est aussi nommé marqueur assisté par batterie.

On vient de voir qu'il y a deux types d'étiquettes, mais il y a aussi une autre différence notable entre le type de mémoire associé à un tag.

Le premier type est RO pour ***Read Only,*** où lecture seule, c'est-à-dire qu'une fois le marqueur programmé par le fabricant il n'est plus possible de modifier le contenu de la mémoire. Ces types de balises sont habituellement programmés avec un nombre très limité de données statiques.

Le second type de mémoire est la plus intéressante elle s'appelle RW pour ***Read Write,*** plus communément appelé « smart tag », grâce à ce type de mémoire l'utilisateur dispose de plus de liberté de mouvement, car il peut stocker une grande quantité de données et il dispose d'une mémoire adressable qui peut facilement être modifiée [15].

Pour cette raison, la balise peut agir comme un « agent de voyage » pour données de toutes sortes, cela permet d'avoir un système dit décentralisé, c'est-à-dire qui va moins compter sur le rôle du contrôleur. Les possibilités d'application pour les balises actives sont apparemment sans fin. Grâce à de nombreux progrès techniques et son domaine d'application très varié, les coûts de production sont bas (de l'ordre de moins de 1$ dans certains cas).

Il existe un dérivé de ces deux technologies appelées « écriture unique – nombreuse lecture WORM (*Write Only – Read Many*). Il est semblable à RO pour ce qui est d'être programmé avec des informations statiques.

En outre, certaines balises peuvent contenir à la fois une mémoire de type RO et RW en même temps. Par exemple, une étiquette RFID fixée à une palette peut être marquée avec un numéro de série, qui va correspondre à l'identification de la palette (ou de son emplacement), qui devrait demeurer stable pendant toute la durée de vie de la palette. La deuxième mémoire (celle RW) sera quant à elle dédiée au contenu de cette dernière à un moment donné. Pour chaque type de tags, il existe différents appareils de lecture.

3.2 Passerelles

Les appareils de lecture agissent de la même manière qu'un pont ou une passerelle, c'est pourquoi elles ne possèdent que quelques fonctions.

- Lire les informations contenues dans les marqueurs RFID.
- Écrire des informations sur une étiquette (cas des « smart tags »).
- Servir de relais aux informations entre le contrôleur et les tags.
- Donner de la puissance au tag passif.

Les dispositifs de lecture sont composés de trois parties, une antenne, un module électronique pour les radiofréquences (module communiquant avec les tags) et pour finir un contrôleur électronique (responsable de la communication avec le contrôleur).

Avec les quatre fonctions principales vues précédemment, s'ajoutent trois fonctions dites critiques :

- la mise en œuvre de mesure anticollision pour assurer une communication simultanée (RW) avec de nombreuses étiquettes.
- Des tags authentifiés (comme l'adresse physique que l'on retrouve sur les ordinateurs) pour prévenir la fraude ou l'accès non autorisé au système.
- Des données avec un cryptage pour protéger l'intégrité des données.

3.3 Contrôleur

Le contrôleur d'un système RFID se résume au cerveau du réseau. Il va servir à centraliser les informations en un point stratégique. En général c'est un ordinateur qui va entreposer, analyser et traiter les informations des différents marqueurs.

Ces informations peuvent être utilisées de plusieurs manières possibles :

- Gestion de base donnée ou d'alerte quelconque.
- Suivi de mouvement d'objet animé ou non.
- Gestion de l'authentification (porte ouverte grâce à un marqueur).

3.4 Distance et fréquences selon la portée

Parmi les premières caractéristiques importantes du cahier des charges d'une application RFID, la distance d'utilisation est en bonne place, une classification (liée aux caractéristiques physiques des éléments mis en jeu) est illustrée au tableau ci-dessous :

	Distance	Objectif / exemple d'application
Très courte distance	Du contact à < 5 mm	Isolation galvanique souhaitée. Contrôle d'accès
Courte distance (short range)	Du contact à 30 mm	Véhicule immobilisé, contrôle d'accès
Proximité (proximity)	De 5 à 15 cm	Carte de paiement, de transport
Voisinage (vicinity)	De 30 cm à 1 mètre	Suivi de chariots, de bagages en aéroport
Longue distance (long range)	De 1 à 10 mètres	Lecture de palettes, inventaire de petits locaux
Très longue distance	À partir de 10 mètres	Identification de container, gestion d'entrepôt

Tableau 3 : Classification des distances d'utilisation RFID

Il est à noter qu'aucune norme ne spécifie les distances d'utilisation.

La fréquence utilisée est « relativement libre », et son choix reste un compromis selon le type d'application visé et les performances recherchées. À noter que des exemptions en fonction des zones géographiques sont en vigueur selon les normes de chaque pays.

Le débit d'information entre le contrôleur et l'appareil de lecture est plus important à fréquence élevée qu'en fréquence basse. Les débits importants permettent l'intégration de plus de fonctions dans les transpondeurs (cryptographie, mémoire plus importante, système anticollision). Les principales fréquences d'utilisation sont données dans le Tableau 4 : Fréquences d'utilisation RFID suivant :

Bande	LF	HF	UHF	UHF (haute) et SHF
Fréquences	125 kHz à 133 kHz	3,25 MHz, 8.2 MHz et 13.56 MHz	440 MHz, 860 à 960 MHz	2.45 GHz, et 5.8 GHz
Distance d'utilisation	2 à 3 mètres	1 à 5 mètres	<12 mètres USA	<2.30 mètres USA

maximale en télé-alimentation			<6 mètres Europe	<0.81 mètre Europe
Limites de fonctionnement	Peu sensible aux perturbations électro-magnétiques industrielles	Faiblement sensible aux perturbations électro-magnétiques industrielles	Sensible aux perturbations électro-magnétiques. Peut-être perturbé par les autres systèmes UHF a proximité	Fortement sensible aux perturbations électro-magnétiques réfléchies par le métal et absorbée par l'eau

Tableau 4 : Fréquences d'utilisation RFID

La distance d'utilisation n'est donnée qu'à titre indicatif, car elle est fonction :

- Du besoin énergétique et donc de la télé alimentation : un transpondeur en lecture seule aura une distance d'utilisation plus importante qu'un autre pour lequel il faudra lire et écrire.
- De la présence ou non d'autres fonctions embarquées dans le transpondeur (capteurs, cryptage, mémoire, etc.).
- De l'avancement des technologies (réduction de la consommation électrique).
- De la qualité du transfert d'énergie entre la base station et le transpondeur.
- De la puissance autorisée par les normes en vigueur sur le lieu d'utilisation.

La liste ci-dessus est non exhaustive.

4 Conclusion

Dans ce chapitre, après une introduction générale des possibilités de la technologie RFID, nous avons introduit une solution offrant des aspects capables de répondre à la problématique de surveillance active d'une couverture radio d'un système de communication. Nous avons aussi présenté son fonctionnement et les éléments qui la composent.

Une présentation sommaire de deux autres applications déjà fonctionnelles d'un système RFID appliqué pour améliorer un point particulier d'une entreprise a également été abordée. Ces facteurs d'amélioration peuvent être classifiés selon les groupes vus précédemment dans l'introduction de ce chapitre.

CHAPITRE IV : APPROCHE DE CONTRÔLE DYNAMIQUE DE LA COUVERTURE RF

1 Introduction

Dans ce chapitre j'aborderai le principe de contrôle de la couverture radiofréquence d'un système basé sur des antennes distribuées de la solution Cattron. C'est à partir de ce principe que se structure ce travail, une solution qui permet le dynamisme et une certaine autonomie pour parer aux zones d'ombres de la couverture radio sous terre. Cette approche se base également sur la manipulation des éléments actifs du réseau souterrain, les amplificateurs, dans ce chapitre les principales commandes permettant de récupérer ou modifier ces éléments sont présentées.

Le reste du chapitre s'articule sur deux points:

- la présentation du principe de la solution proposée, qui consistera à mettre en place un premier jet pour la création d'un système dynamique qui palliera le problème des zones grises et des congestions du réseau.
- Une mise en œuvre à grande échelle du système RFID pour tester et découvrir les avantages et inconvénients de cette solution, et ce afin de produire une solution plus adaptée aux besoins de l'entreprise.

2 Contrôle dynamique de couverture RF

L'approche proposée utilise le principe des filtres adaptatifs qui se sert du signal retour pour contrôler la sortie désirée. L'idée est d'exploiter une solution RFID comme un moyen pour obtenir de l'information sur la couverture radio d'un système de communication puis de se servir de cette information pour contrôler la puissance délivrée par les antennes distribuées de l'infrastructure de ce système de communications. Ainsi, s'il y a un changement de couverture dans un endroit, le tag RFID pourra capter cette variation et alimenter un contrôleur qui se charge d'informer l'infrastructure comment compenser cette variation en augmentant ou ne diminuant le signal de sortie d'une ou de plusieurs antennes. Il semble tout à fait évident d'augmenter la puissance du signal des antennes pour réduire une zone d'ombre, mais la réduction du signal est d'autant plus importante pour éviter que des antennes adjacentes ou proches l'une de l'autre ne s'interfèrent en transmettant un même signal vers un récepteur, ce qui se traduit par un rejet des informations reçu par ce récepteur.

2.1 Principe adaptatif

Le principe d'adaptation peut être assimilé aux systèmes des filtres adaptatifs. C'est pourquoi en calculant l'erreur autorisée du système, il est possible de déterminer quel sera le pas à appliquer pour le changement de gain appliqué à chaque amplificateur. Dans l'optique d'arriver à une stabilisation rapide du système.

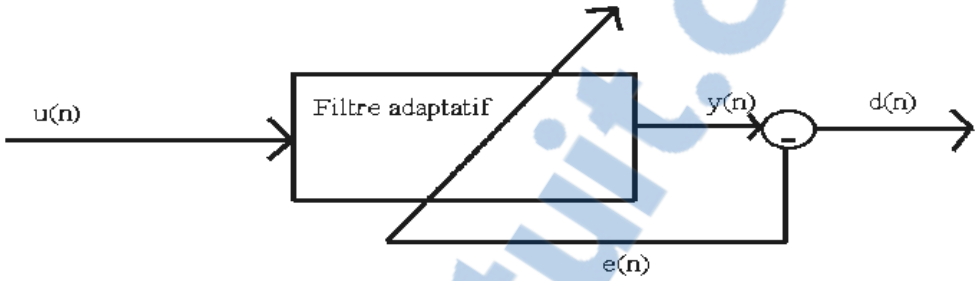


Figure 15 : Filtre adaptatif

Variables	Valeurs possibles
u(n) entré	0 à 31
y(n) sortie	-25 à -55
d(n) sortie désirée	-40 à -46
e(n) erreur	6

Tableau 5 : Variables du filtre

La sortie désirée d(n) tolère des erreurs jusqu'à plus ou moins 3 dB soit une erreur totale de 6 dB, au-delà de cette marge d'erreur la qualité de la voix se détériore jusqu'à devenir inaudible. Les caractéristiques des amplificateurs montrent qu'un changement de gain de 1 dB peut donner une réponse en sortie de 0 à 2 dB. L'erreur permise étant de 6, un pas de 2 a été choisi pour obtenir la valeur désirée. Car si un pas de 3 est pris, une réponse variant de 3 à 6 dB est obtenue, or il est préférable de prendre une valeur strictement inférieure à l'erreur ce qui ne pourrait pas être le cas avec un pas de 3.

Le système d'amplificateurs intelligents est accessible à partir d'un port série (ou COM) avec les caractéristiques suivantes :

Rapport-Gratuit.com

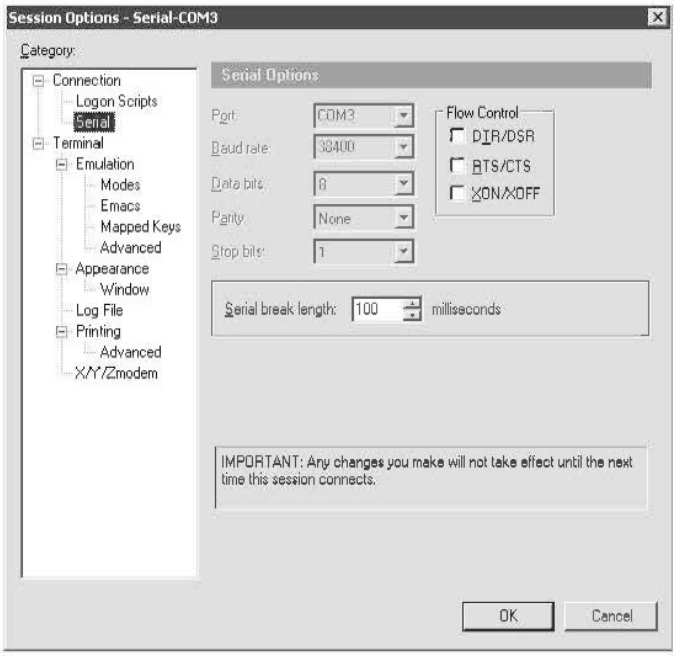


Figure 16 : Options du port série

Avant de programmer ma solution il est important de faire une application console permettant de se connecter au port série et le tester. Cette application est détaillée dans l'annexe.

2.2 Méthode de résolution

L'objectif d'un système automatisé est de remplacer le facteur humain dans un procédé ou une tâche. Avant de mettre en avant l'approche proposée, il est intéressant de regarder le système de gestion de la congestion actuelle.

Le préposé à l'informatique vérifie au cours de la journée à partir du système de gestion graphique des communications sous terre l'état de chaque amplificateur.

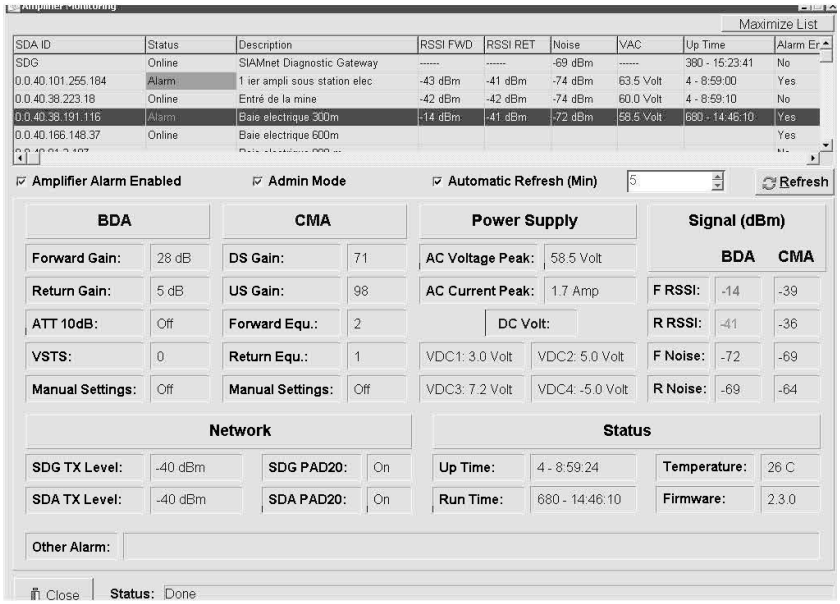


Figure 17 : Gestionnaire des amplificateurs

Lorsqu'il découvre une anomalie (congestion, partie rouge sur la capture ci-dessus), la personne en charge de la surveillance du réseau va manuellement changer le gain de l'amplificateur où le problème est situé à l'aide de la partie calibration du système de gestion de la communication sous terre.

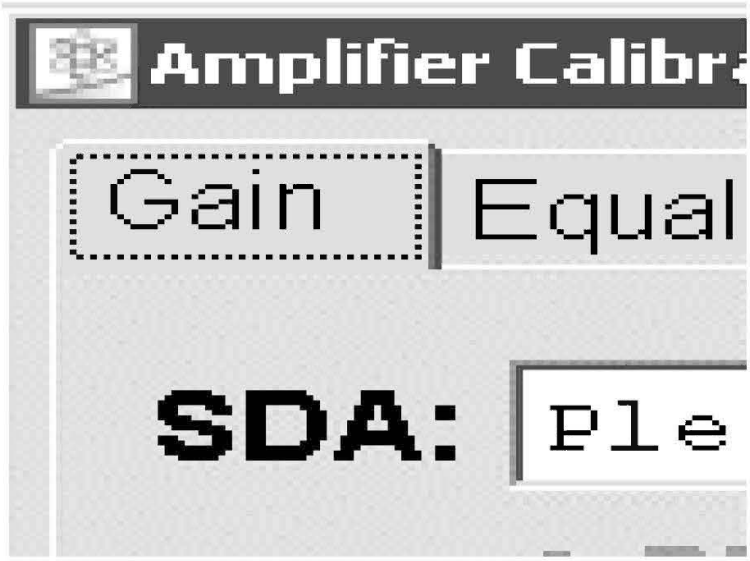


Figure 18 : Calibration des amplificateurs

Une fois le changement fait, il va retourner voir le monitoring et vérifier que tout fonctionne correctement, qu'il n'y a plus d'anomalie. Le processus d'écrit plus haut peut se résumer par le schéma suivant :

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

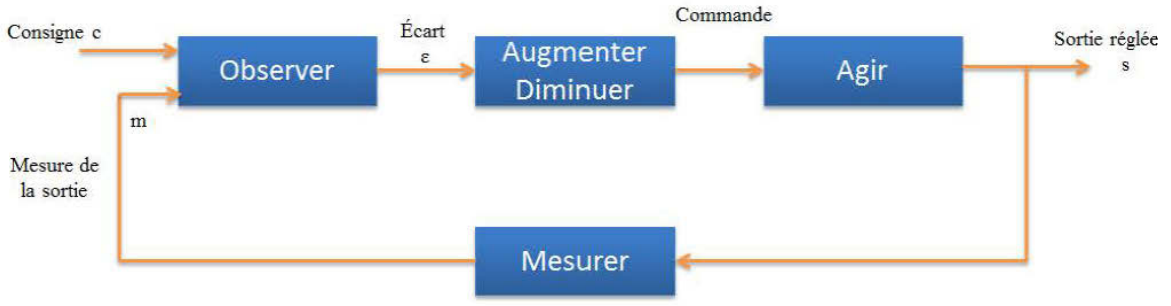


Figure 19 : Schéma bloc d'un système d'asservissement utilisé

Ce type de structure représente un système asservi, appelé aussi système bouclé. Dans le cas présent il représente un système à boucle fermée, car il est possible de récupérer des informations au niveau de la sortie, afin de comparer cette mesure à la valeur désirée pour faire les ajustements nécessaires. Afin de mettre en œuvre ce système, il était nécessaire de vérifier quels sont les paramètres à utiliser, avec notamment la détermination du temps nécessaire de connexion aux amplificateurs pour les contrôler et ainsi permettre de déterminer le dimensionnement maximum du réseau. Dans une seconde étape, les facteurs clés agissant sur le système asservi comme la stabilité, la rapidité et la précision sont mis en avant.

Le temps de réponse des amplificateurs va me permettre de déterminer quel va être le dimensionnement maximal de mon réseau de communication. En d'autres termes il me permet de connaitre le nombre maximum d'amplificateurs que peut contenir mon réseau dans le temps imparti des problèmes ressentis, dans le cas d'une congestion spontanée du réseau le problème lorsqu'il apparaît est persistant jusqu'à l'intervention d'une personne. Il n'est donc pas indispensable de connaitre le temps de réponse du système ce qui n'est pas le cas pour le problème des zones grises (voir plus bas).

Un deuxième point important à propos des systèmes asservis est de vérifier la stabilité et la rapidité du système en fonction du pas de changement de gain des amplificateurs. Pour cela j'ai effectué plusieurs prises de tests réels avec différentes valeurs de pas fixe.

Ce qui donne le graphique suivant :

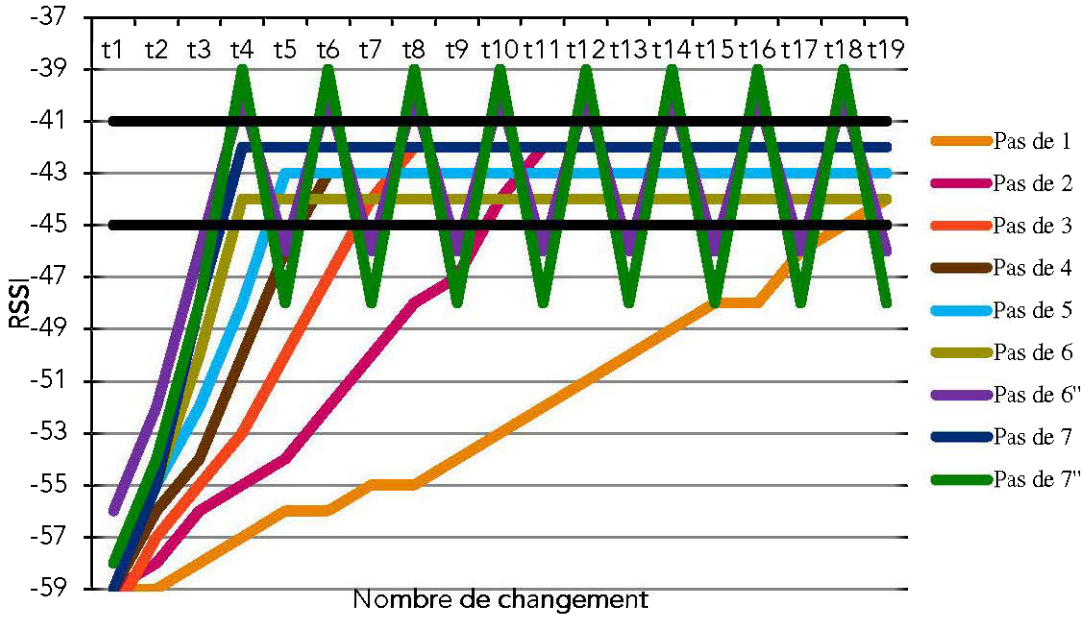


Figure 20 : Temps de réponse du système pour deux amplificateurs

Pour un pas de 6, on remarque qu'en fonction de la valeur de départ le système peut devenir stable ou non. Vu que le pas de 6 ainsi que le pas de 7 peuvent être instables, ils sont à éviter. En théorie, un pas de 2 est plus convenable (voir chapitre 4.1.4), mais après plusieurs prises de tests, utiliser un pas de 1, 2 ou 3 ne semble pas être la meilleure solution, comme le démontre le tableau ci-dessous :

Pas	Rapidité	Stabilité
1	t17	oui
2	t9	oui
3	t6	oui
4	t5	oui
5	t4	oui
6	t3	oui
6''	-------	non
7	t3	oui

7''	-------	non

Tableau 6 : Rapidité et Stabilité d'un amplificateur en fonction de son changement de gain

En résumé, les pas de 4 et 5 sont les plus rapides pour atteindre la borne de mesure prescrite pour le bon fonctionnement des amplificateurs. Deux prises de mesure (7'' et 6'') sont dites instables, c'est-à-dire que leurs sorties divergent. Utiliser un pas de 7 ou un pas de 6 alors qu'il est possible selon les cas que la solution soit instable est inenvisageable.

Le pas de 4 semble le plus intéressant, c'est celui qui semble être le plus proche de la cible -43, les pas de 1, 2 et 3 n'étant pas assez rapides. Les autres étant trop proches de l'instabilité.

2.3 Organigramme de programmation

Afin de remplacer une intervention humaine, un programme devant effectuer les tâches décrites plus haut est réalisé.

Afin de mieux entrevoir ce raisonnement, on va non pas expliquer les lignes de programmation, mais plutôt l'organigramme, qui permet au besoin de transcrire par la suite mon cheminement en programme et ce peu importe le langage de programmation.

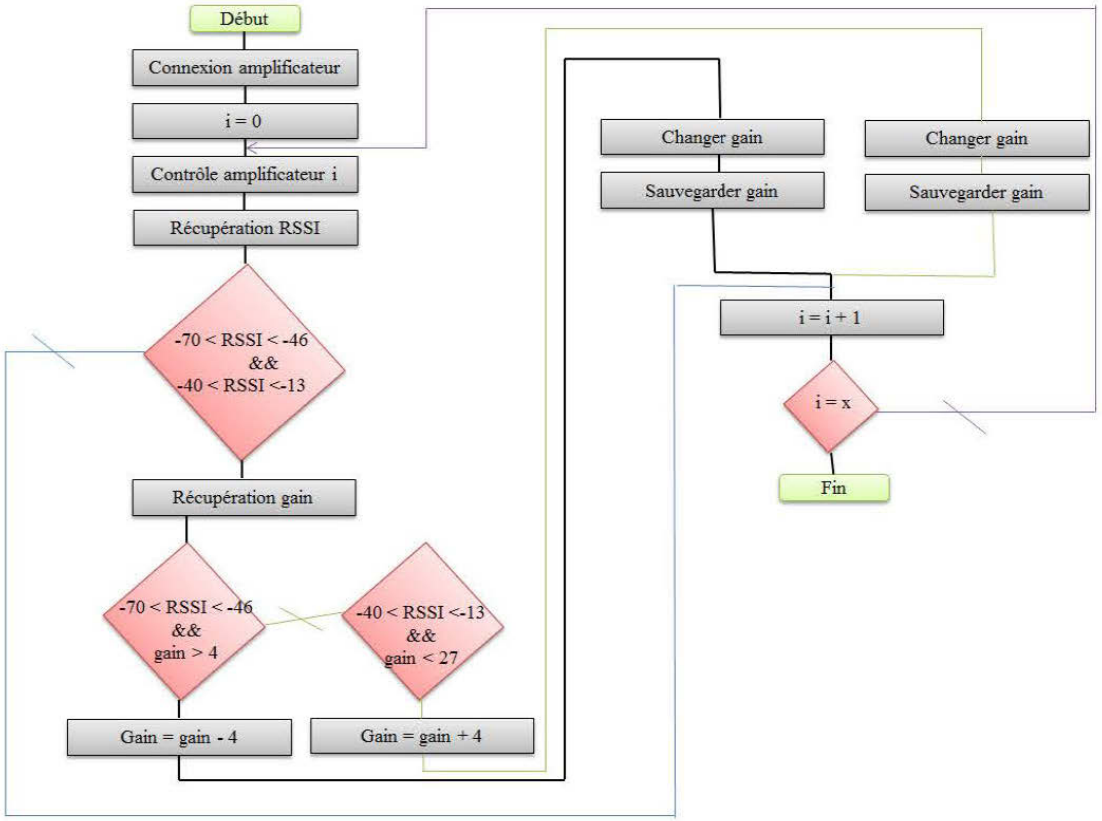


Figure 21 : Organigramme première approche

La première étape est de se connecter à l'interface de gestion par ligne de commande de l'amplificateur (port série). Ensuite il faut créer une boucle, qui va passer un à un tous les amplificateurs selon leur emplacement dans la mine en commençant par celui placé proche de la surface. Le niveau de puissance de l'amplificateur est récupéré et comparé pour vérifier qu'il se situe dans l'écart accepter par la norme du système *Cattron*, si ce n'est pas le cas, le gain est récupéré et en fonction de son écart avec la norme (trop haut ou trop bas) , le gain est diminué ou augmenté. Une sauvegarde est effectuée et pour finir l'amplificateur suivant est traité.

Or ce premier raisonnement s'avère incomplet, car si le programme est plus en amont que le problème, ce dernier ne va pas corriger la puissance du bon amplificateur, mais juste la section en aval de l'amplificateur ciblé à l'instant *t*. C'est pourquoi j'ai effectué une modification au système originel afin de permettre à la modification de se faire sur l'amplificateur qui présente cette problématique.

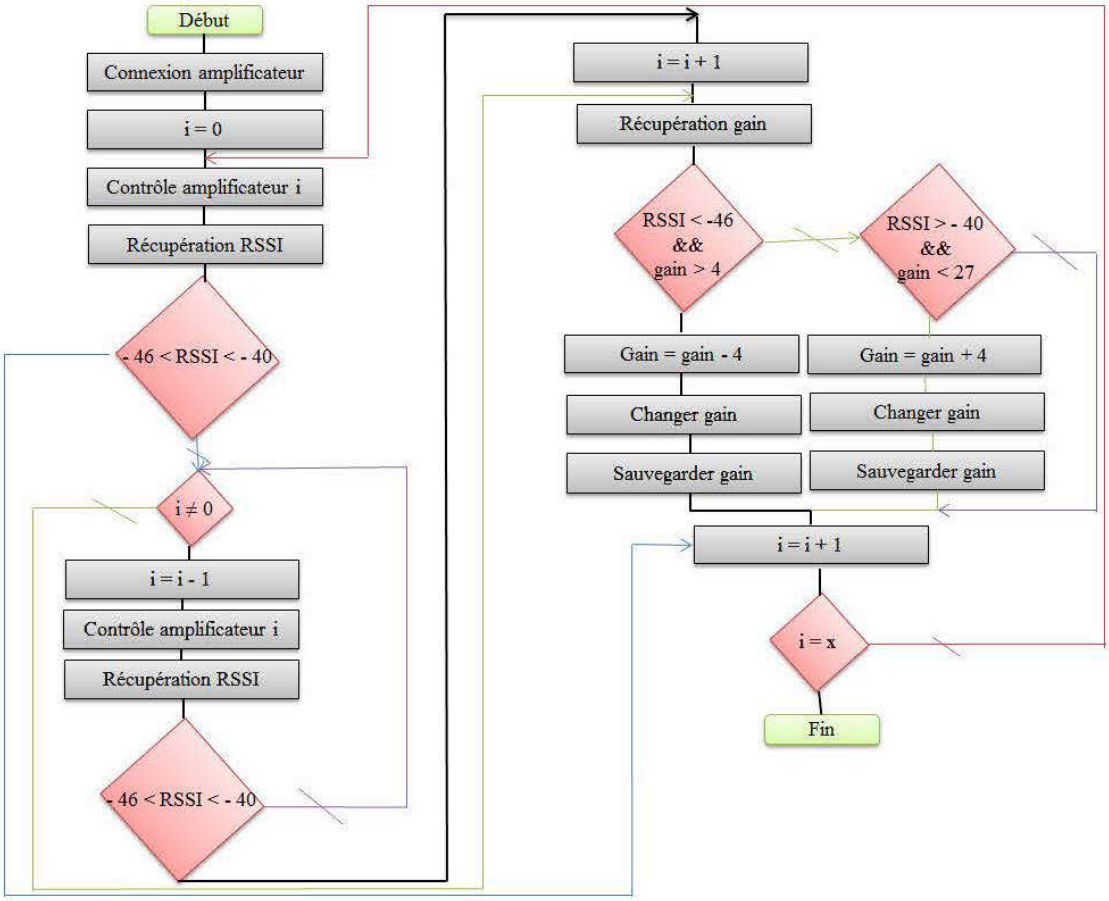


Figure 22 : Organigramme de l'asservissement de X amplificateurs

Cette deuxième solution quant à elle n'est plus aussi statique que la première, en effet quand un problème est détecté, le programme vérifie que ce dernier n'est pas créé par un amplificateur en amont dans la chaîne en remontant progressivement la liste des amplificateurs, puis une fois arrivée à celui où il n'y a plus de problème « redescend » vers l'amplificateur source, du trouble de communication, et effectue les changements adéquats. Cette solution peut donc être associée à une « tête chercheuse ».

2.4 Gestion de la congestion

Cette fois on doit non pas se fier aux valeurs lues par les amplificateurs, mais plutôt se fier aux valeurs collectées des capteurs extérieurs au système de communication.

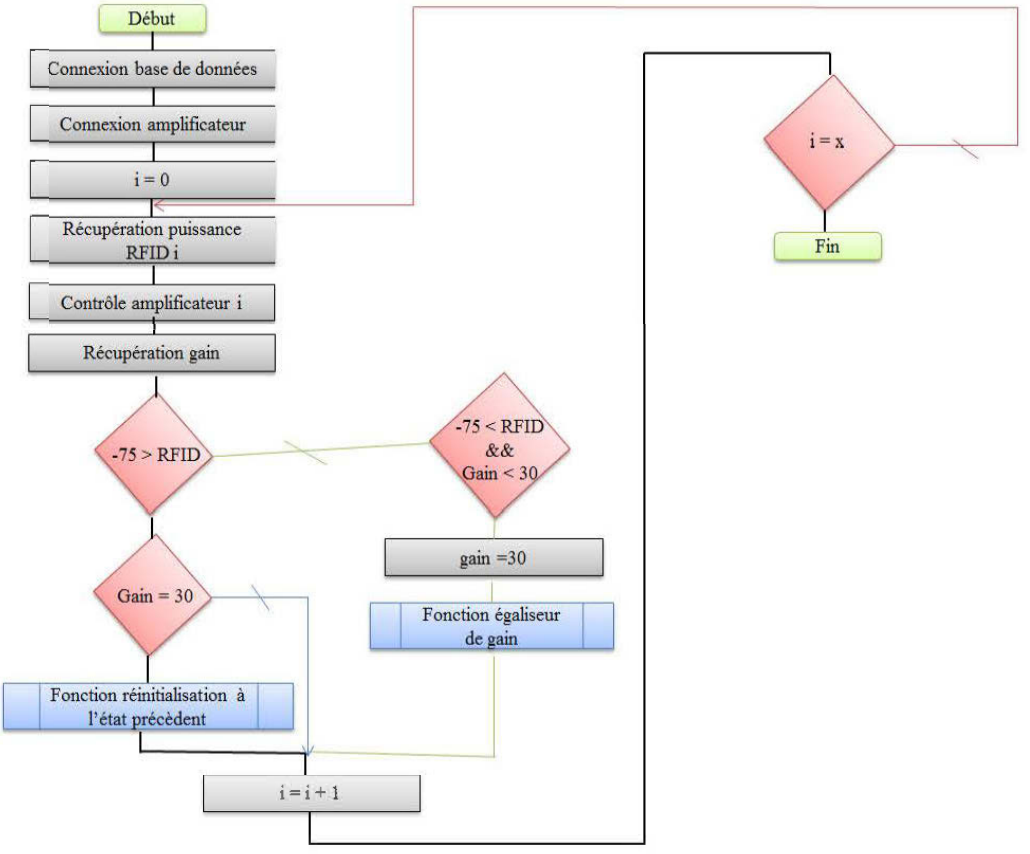


Figure 23 : Organigramme gestion des zones grises

Cette approche permet de récupérer la puissance du capteur dans une zone, de vérifier s'il a une puissance de réception normale, et si c'est le cas, de passer à la zone suivante, sinon d'augmenter au maximum l'amplificateur de la zone problématique. Une fois que la zone retourne à des niveaux normaux, il faut alors remettre les paramètres initiaux du gain.

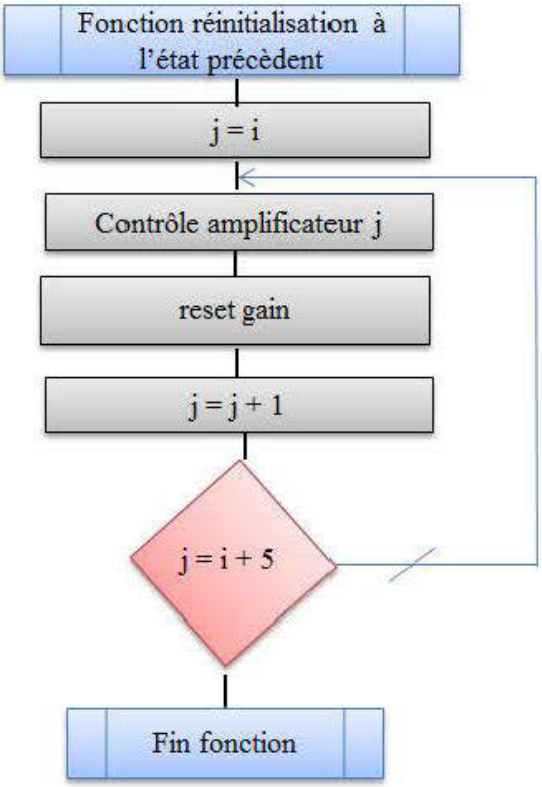


Figure 24 : Organigramme - fonction réinitialisation a l'état d'origine

La figure 24 montre comment réinitialiser les paramètres du gain à l'état précédent. Cette manipulation est rendue possible grâce aux non-enregistrements de l'augmentation de gain. Il suffit d'envoyer une commande de remise à « zéro » du gain, ce qui correspond à la dernière valeur sauvegardée pour l'amplificateur cible.

Le dernier organigramme représente la fonction qui permet de monter ou descendre le gain de chaque amplificateur en fonction de la force de son signal. Cela permet de garder un réseau stable, ce qui permet d'obtenir de meilleures performances du système.

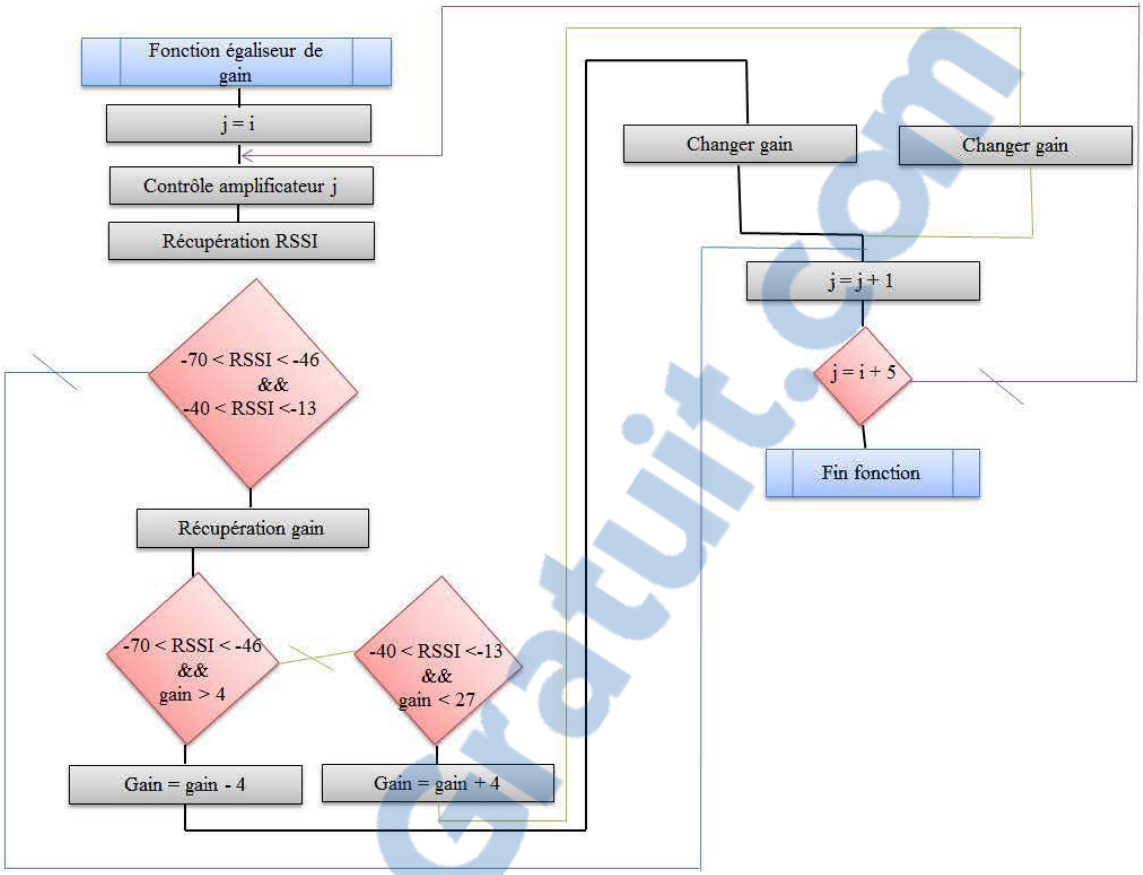


Figure 25 : Organigramme fonction égaliseur de gain

3 Implémentation et expérimentation

3.1 Principale commande des amplificateurs

Il existe plusieurs types de commande en fonction de la section de l'amplificateur que l'on souhaite atteindre. Ces sections sont les suivantes :

- BDA Amplificateur 800 MHz.
- CMA Câble Modem amplificateur 150 MHz.
- PSU Alimentation.
- NET Réseau.
- SYS Système.
- NMT Gestionnaire de réseau.

Rapport-Gratuit.com

- TXG Transmission.
- RXA Réception.

Une fois la section sélectionnée, il faut choisir le type de requête à y appliquer, *get* et *gets* pour respectivement lire et lire puis enregistrer des informations, *reset* remettre la dernière valeur enregistrer pour la variable, *save* sauvegarde le paramètre avec sa valeur actuelle et pour finir *set* qui attribue une valeur à l'élément, la différence entre les deux commandes étant que lorsque l'on utilise la commande *save* même si le système redémarre la valeur a été enregistré dans sa mémoire fixe.

Pour finir, chaque section possède de nombreux attributs, tel que l'obtention du retour de gain sur un amplificateur avec l'attribut *rgain* pour la section BDA. Afin d'avoir une vue d'ensemble des différents attributs, voici les plus importants sous forme de tableaux en fonction de chaque section exceptée la transmission TXG et la réception RXA moins représentatives des fonctions utiles dans le cadre de ma maîtrise.

Amplificateur Bidirectionnel (BDA) 800 MHz		
Attributs	Valeurs possibles	Description
fgain	= 0 à 31	800 MHz *forward* gain (851-870MHz)
rgain	= 0 à 31	800MHz *reverse* gain (806-825MHz)
Amplificateur de Câble Modem (CMA)		
Attribut	Valeurs possibles	Description
dsgain	= 50 à 160	Cable Modem *Downstream* gain (150-190 MHz)
usgain	= 50 à 160	Cable Modem *Upstream* gain (5-90 MHz)
Dseq	= 50 à 255	Cable Modem *Downstream* Equalizer
useq	= 100 à 255	Cable Modem *Upstream* Equalizer
Alimentation (PSU)		
Attributs	Valeurs possibles	Description
vac	0 à 255.5 VAC	Pic VAC pour l'alimentation, résolution 0.5 V
iac	1.1 à 254.9 A	Pic actuel de l'alimentation. Résolution 0.1 A

temp	- 20 à + 70	Température de l'amplificateur
Réseau (NET)		
Attributs	Valeurs possibles	Description
txf	0 à 999999999	Fréquence de transmission (Hz)
rxf	0 à 999999999	Fréquence de réception (Hz)
RSSI	- 127 à + 128 dBm	Indicateur de force du signal reçu
noise	Minimum : - 90 dBm et supérieur	Niveau du bruit
Système (SYS)		
Attributs	Valeurs possibles	Description
id	x.x.x.x.x.x	Identifiant unique, ne pouvant être changé.
name	31 caractères alphanumériques	Nom de l'amplificateur défini par le propriétaire.
uptime	0 - nnnnnnnn	Temps en secondes depuis la dernière remise à zéro

Tableau 7 : Attributs des différentes commandes des amplificateurs intelligents *Cattron*

Les commandes utilisées sont dans la section NET et CMA, ce qui correspond à la partie réseau et câble modem du système. La force du signal appelé RSSI récupérée permet de contrôler le gain associé à l'amplificateur et de le modifier selon le besoin. Après avoir présenté les principales commandes des amplificateurs intelligents de la solution *Cattron*, une description des résultats obtenus lors de la phase préliminaire de ce travail est nécessaire pour la compréhension de l'approche proposée.

3.2 Système RFID Identec

En théorie le système RFID *identec solution* a les caractéristiques suivantes :

Caractéristiques	Avantages
8 000 bits de mémoire	Stockage d'informations
Ultra Haute Fréquence	Fonctionne avec une faible puissance
Identification de 100 tags par seconde	Possibilité de longue portée si fixe

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Possibilité d'identifier simultanément 2,000 tags Options : ➢ Température ➢ LED Durée de la batterie estimée à 6 ans Communication en non-ligne de vue (NLOS)	Minimum d'interférences Grande capacité de tags simultanés

Tableau 8 : Caractéristiques système RFID *Identec*

Afin de vérifier les différents paramètres des lecteurs et des tags RFID, un travail préliminaire a était effectué pour l'entreprise. Ce dernier consisté à mettre en œuvre un système pour identifier et surveiller les déplacements des camions de déversement de minerai entre la mine en exploitation à Persévérance et le site de traitement du minerai à MLM. Il est possible de le visualiser de la manière suivante :

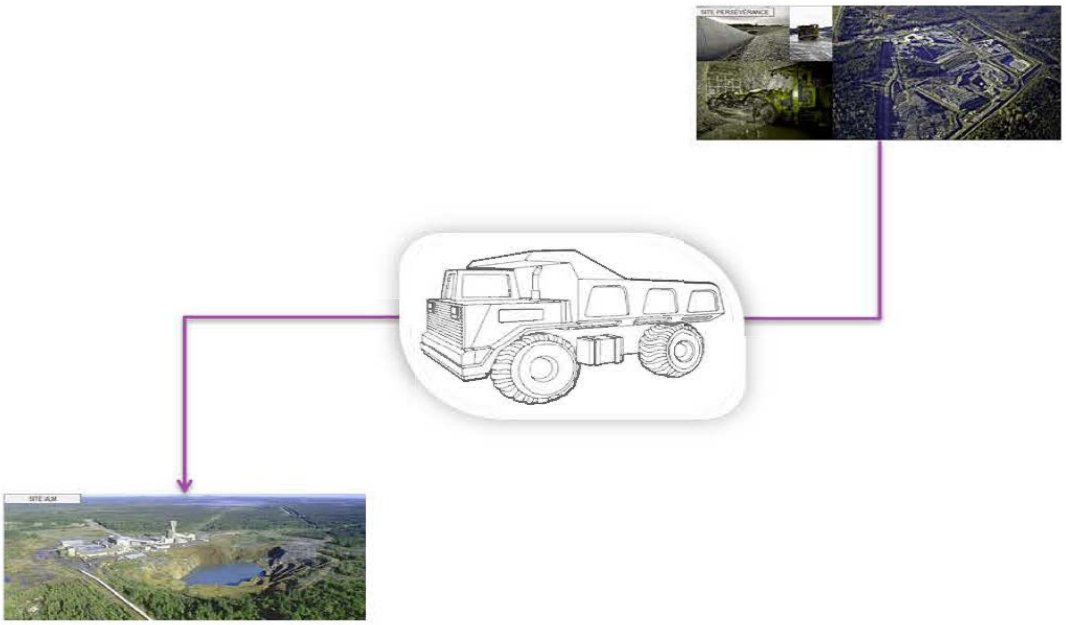


Figure 26 : Voyage entre deux sites miniers

Avec en haut à droite le site de chargement du minerai, en bas à gauche le site de déversement. Ces deux sites étant éloignés de plusieurs kilomètres. Ce projet va permettre de visualiser les capacités réelles du système RFID *identec,* mais aussi d'évaluer le rendement de productivité, de visualiser les temps aller-retour et la possibilité de déterminer s'il y a eu des problèmes (bris de camions, retard à la production…).

L'annexe A fourni une présentation de la configuration des éléments RFID, la partie analytique et le traitement des informations étant plus importants que la mise en place du système RFID en lui-même.

3.3 Récupération et traitement des données

Il est possible de récupérer les informations recueillies selon deux méthodes. *SQL report builder* qui est un logiciel de rapport SQL et la suite PI qui permet de faire un traitement et une mise en forme graphiques des données.

3.3.1 SQL report builder

C'est un logiciel permettant de recueillir et de mettre en forme des données contenues dans un serveur SQL. Il est basé sur le langage SQL. Tous les affichages qui en découlent sont directement pris à partir des requêtes SQL.

Pour *SQL report builder* la première chose à faire est de choisir le type de base de données à laquelle il faut se synchroniser.

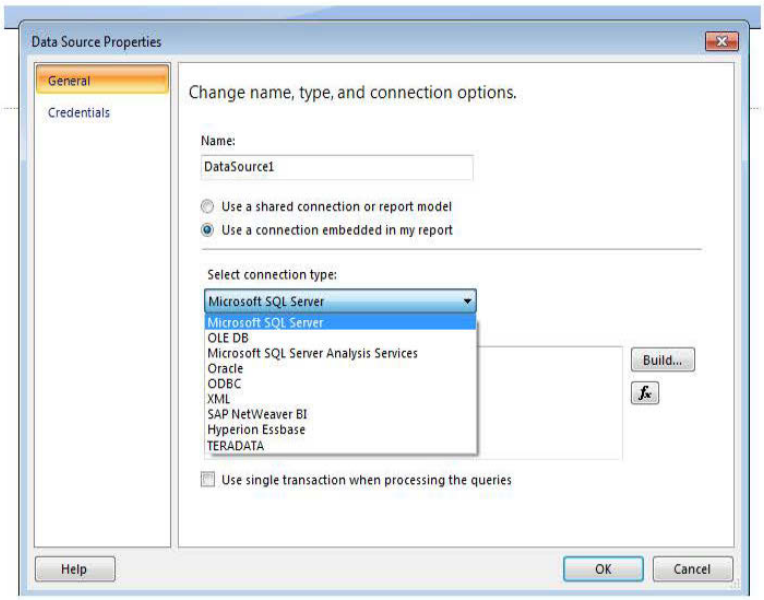


Figure 27 : Système SQL report builder 1

Disposant d'une base de données SQL qui utilise les identifiants de compte Windows pour l'établissement de la connexion. Une fois synchronisé à la base de données, il faut déterminer grâce

au langage SQL les informations que l'on souhaite récupérer. Il est possible de récupérer les données brutes sans traitement préalable comme montré ci-dessous.

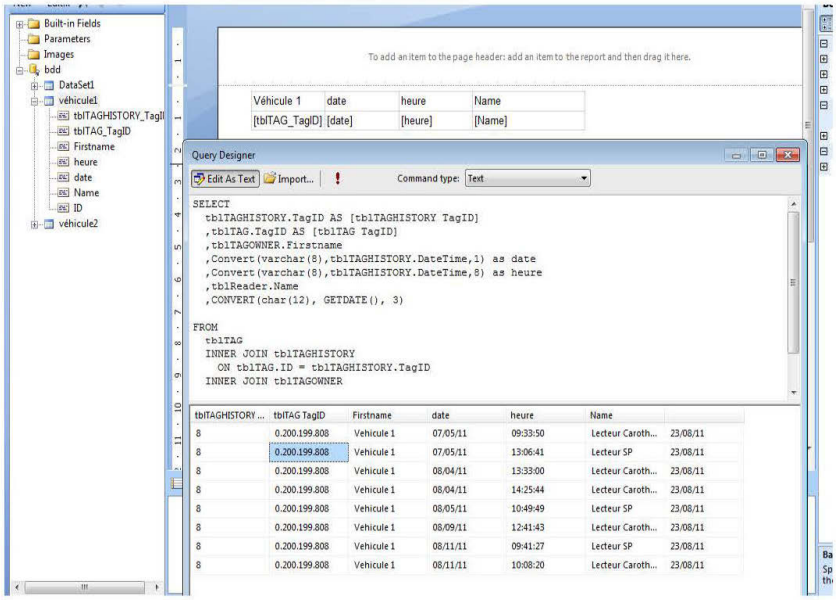


Figure 28 : Système SQL report builder 2

Grâce au langage SQL, il est possible d'effectuer des opérations sur les données afin de faire ressortir les informations désirées, telles que le temps de cycle moyen d'aller-retour des véhicules, ainsi que le nombre de voyages effectués dans une journée.

Véhicule 2	Date	Nombre de voyages	Temps de cycle
num 11905	09/02/11	16	28
num 11905	09/03/11	32	29
num 11905	09/04/11	19	30
num 11905	09/05/11	32	29
num 11905	09/06/11	31	30
num 11905	09/07/11	11	32
num 11905	09/08/11	27	29
num 11905	09/09/11	29	30

Figure 29 : Visualisation de données avec SQL report builder 1

Mais lorsque l'on souhaite complexifier l'affichage des données, il en résulte un problème lié aux requêtes SQL, ces dernières étant trop limitées pour des développements plus importants notamment de manière graphique. C'est pourquoi il est intéressant d'aborder une autre solution déjà utilisée par l'entreprise qui est le système PI.

3.3.2 Système PI

Le système PI est une suite de logiciels et d'application pour des solutions en temps réel des infrastructures de données telles que des bases de données, des systèmes de contrôle automatisés, mais aussi des applications de surveillance et d'analyse des processus de production. Il comprend plusieurs utilitaires pour saisir, traiter et stocker des informations relatives aux procédés de fabrication. Les différents outils sont :

- PI ProcessBook (conception graphique et affichage de Processus).
- PI Asset Framework (AF).
- PI Advanced Computing Engine (ACE) (événement logique personnalisé, équations avancées).
- PI DataLink (complément pour Excel pour l'analyse des données tabulaires).
- PI WebParts (affichage basé sur du Web graphique).

La base de données OSIsoft PI avec acquisition de données en temps réel offre un référentiel central de données pour un établissement ou à travers de multiples endroits. Les informations peuvent être automatiquement collectées à partir de différentes sources (systèmes de contrôle, équipements de laboratoire, les calculs, saisie manuelle, et/ou logiciels personnalisés) [7]. La plupart des informations sont recueillies en utilisant un des nombreux OSIsoft et tierces interfaces IP. Les utilisateurs peuvent ensuite accéder à ces informations en utilisant un ensemble commun d'outils (ex. Excel , navigateur web, ProcessBook) et rechercher des corrélations:

- Analyser les tendances saisonnières.
- Déterminer si les services publics ne répondent pas aux exigences de la production.
- Comparer les performances de différents lots de matières premières.
- Déterminer quand l'entretien est requis sur l'équipement.
- Optimiser l'utilisation ou la performance d'une ligne de production.

En conclusion, la mise en place du système RFID, la récupération et le traitement des données sont un succès. J'ai pu déterminer qu'en ligne de vue il est possible de transmettre des

données sur une distance allant jusqu'à 150 m, en utilisation intensive, sans délai de pause dans le scan des tags, la durée de vie des tags devient alors de l'ordre d'un mois (12 h d'utilisation par tranche de 24 h) voire moins. La sensibilité au métal et à l'eau est relative, en effet il faut une grande étendue d'eau pour que cela perturbe le signal, la pluie ou un tuyau d'eau ne constitue pas un perturbateur important, les camions et les roches (types) ne sont pas des paramètres créant beaucoup d'interférences.

Malgré une parfaite utilisation dans ce cas de figure ces deux moyens de récupération d'affichage des données ne seront pas exploités. Un langage de programmation différent sera plutôt utilisé afin de manipuler et d'exécuter des commandes que ce soit sur une base de données, mais aussi sur la gestion de la communication sous terre (au niveau des amplificateurs). En effet, un seul système de gestion et de manipulations des données sera adopté afin d'avoir des temps de réaction moindres vu qu'il y aura moins de programmes intermédiaires.

3.4 La programmation

3.4.1 Le langage c

Les langages de programmation sont à la base de l'informatique et de tous les secteurs s'y attachant. Ce sont eux qui permettent d'effectuer des actions sur un ordinateur ou un équipement informatique. Le produit final est appelé logiciel ou application, tous ces éléments sont à la base des programmes, tous différents et qui correspondent à divers objectifs.

Attention, tous les programmes ne sont pas forcément visibles. C'est le cas de certains programmes qui surveillent les mises à jour disponibles pour votre ordinateur par exemple. Ils tournent tous en "tâche de fond", ils n'affichent pas toujours une fenêtre, mais ça ne les empêche pas d'être actifs et de travailler.

Au niveau le plus bas, l'ordinateur ne comprend qu'un langage très simple et qui lui est propre, il est composé de 0 et de 1 (exemple « 00101111010001 »). En utilisant cette manière pour se faire comprendre d'un ordinateur, le temps de conception s'en voit grandement augmenter, c'est pourquoi les informaticiens utilisent des langages intermédiaires, ils en existent beaucoup (voir figure), chacun ayant des particularités spécifiques. La présentation subséquente se limitera aux termes basiques et la façon de procéder lors de l'utilisation d'un langage de programmation, peu importe le choix du langage. Ainsi, les différents langages intermédiaires n'ont qu'un seul but,

permettre d'accéder à l'ordinateur de manière plus simple qu'en binaire (suite de 0 et de 1). La figure 30 illustre ces propos.

Figure 30: Fonctionnement des langages de programmation

Le traducteur est communément appelé compilateur et le langage binaire correspond à un exécutable ce qui donne le schéma suivant :

Figure 31 : Schéma simplifié d'un programme

Dans le cadre de ce travail, nous avons opté pour l'utilisation du langage C comme langage de programmation, pour implémenter l'approche proposées. Il est alors possible de se demander le choix du langage C par rapport à un autre langage de programmation ? Le premier point qui m'a fait choisir le C au lieu d'un autre est qu'il gère très bien tous les accès aux connecteurs d'un ordinateur, il est considéré comme faisant partie des langages de « bas niveau ». Le deuxième argument est qu'il est populaire, mais doit-on pour autant choisir un langage parce qu'il est populaire ? Il existe des langages très intéressants, mais peu utilisés. Le souci avec ces derniers, c'est qu'il est difficile de trouver des informations dessus et de l'aide ci-besoin. Le schéma ci-dessous représente quelques langages de programmation, classés par "niveaux" en comparaison du C :

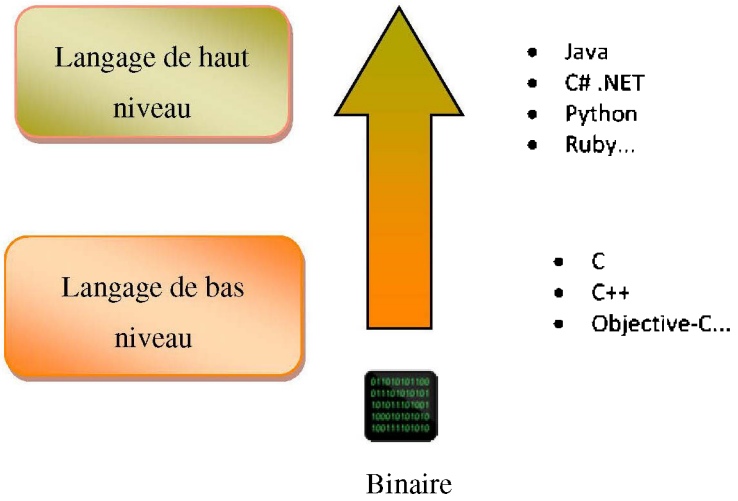


Figure 32 : Classement des langages de programmation

Lors de la réalisation de ce travail de maîtrise, j'ai dû manipuler un autre type de programmation, celle que l'on retrouve dans certains logiciels de bases de données, le langage SQL.

3.4.2 Le langage SQL

SQL est un sigle qui signifie *Structured Query Langage* ou langage structuré de requêtes, il permet de manipuler certaines bases de données, telles que celles utilisaient sur le serveur de l'entreprise. C'est pourquoi ce qui suit est une présentation des possibilités de ce langage. Avant de parler du langage SQL.

Les bases de données forment un groupe d'informations liées ou non entre elles, toutes regroupées et stockées de manière cohérente dans un système informatique. Dans mon cas ces informations sont liées entre elles, ceci correspond à un type particulier de base de données, dite relationnelle. Ceci signifie que les informations sont triées en tableaux (communément appelé table) reliés entre eux par des informations redondantes telles que des identifiants spécifiques comme le schématise la figure suivante :

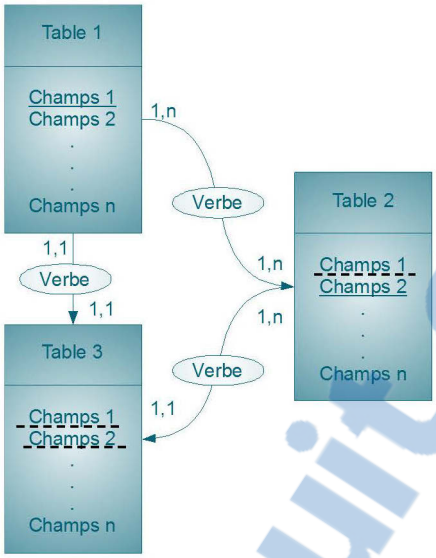


Figure 33 : Modélisation d'une base de données relationnelle

Le schéma ci-dessus forme une base de données relationnelle, réalisée à partir de trois tableaux (tableaux 1, tableaux 2, tableaux 3) chacun possédant un certain nombre de paramètres (appeler aussi champs). Ces derniers sont modifiables comme le nombre de tableaux, en fonction des besoins de l'administrateur. Les tables sont reliées entre elles par des champs communs au moyen de ce que l'on appelle une clé primaire (trait continu sur le schéma) et de clé secondaire (traits en pointillés sur le schéma). Le deuxième élément qui les raccorde est le type d'association représenté par un verbe placé entre les deux tables. Le troisième élément qui raccroche les tables entre elles, est les cardinalités, le n représente l'infinité des possibilités, le 1 représente une et une seule possibilité. Par exemple en utilisant le graphique ci-dessus on obtient : la "table 1" "verbe" 1 ou plusieurs "champs 1" (de la table 2), d'où "1, n".

Pour mettre en place la base de données et les relations et contraintes qui la composent il faut utiliser des requêtes plus ou moins complexes selon les cas.

Les requêtes SQL sont des instructions pour effectuer des tâches spécifiques qui peuvent être permanentes ou temporaires. Plusieurs types de commande ou requête existent, les principales sont définies ci-dessous.

Pour constituer une base de données, il faut tout d'abord la créer en lui attribuant un nom.

CREATE DATABASE nom_base_de_données

Ensuite, il faut créer les différentes tables avec leurs champs associés.

Rapport-Gratuit.com

```
CREATE TABLE `nom_de_la_table` (
    ` champs_1` type option(s),
    ` champs_2` type option(s),
    …,
    ` champs_n` type option(s),
    PRIMARY KEY (`champs_1`)
    );
```

Plusieurs types sont possibles, le tableau ci-dessous représente une vue globale des types associés à chaque champ qui sont les plus utilisés.

Type	Description
CHAR (n)	Champ de texte d'une longueur fixe ''n''.
VARCHAR(n)	Champ de texte et de nombre de longueurs fixe ''n''.
INT(n)	Entier non signé de 0 à 4294967295, signé de - 2147483648 à 2147483647.
FLOAT (n, dec)	Nombre à virgule flottante à simple précision.
DECIMAL (n, dec)	Nombre stocké sous forme de caractères.
DATE	Date sous la forme AAAA-MM-JJ.

Tableau 9 : Types à associer à des champs SQL

Tout comme les types il existe plusieurs options présentées dans tableau 10.

Options	Descriptions
NOT NULL	L'option NOT NULL oblige à rentrer une valeur pour le champ.
DEFAULT	Spécifie une valeur pour un champ si l'on ne souhaite rien mettre lors de l'ajout dans la table.

PRIMARY KEY	Les clés primaires existent pour éviter les doublons dans les tables, c'est-à-dire la redondance des mêmes informations.
AUTO_INCREMENT	Définie avec le type ''INT'', est une valeur numérique qui s'incrémente à chaque nouvel enregistrement de données. Si on ne lui passe pas une autre option qui est ''INDEX '' alors il prendra la valeur d'une clé primaire par défaut.
UNIQUE	L'option UNIQUE permet de définir la présence ou non de doublons pour les valeurs de la colonne.
CONSTRAINT	Donne un nom à une contrainte, de telle manière à ce que le nom donné s'affiche en cas de non-respect de la règle, c'est-à-dire lorsque la clause que l'on a spécifiée n'est pas validée. Si la clause CONSTRAINT n'est pas spécifiée, un nom sera donné arbitrairement, qui est le plus souvent incompréhensible.

Tableau 10 : Options à associer à des champs SQL

Une fois les tables créées dans la base de données, il faut ensuite leur donner leur cohérence en associant les différentes clés primaires aux clés secondaires. Pour cela il faut utiliser la structure suivante :

ALTER TABLE `nom de la table de la clé secondaire` ADD FOREIGN KEY (`clé secondaire`) REFERENCES `nom de la table primaire`(`clé primaire`) ;

Suite à la mise en place des relations entre tables, il est possible de modifier les tables et/ou les champs. L'insertion peut se réaliser de trois manières possibles je me contente de montrer une seul ci-dessous :

INSERT INTO `nom_de_la_table` ('nom_champs1', 'nom_champs2', …, 'nom_champsn') VALUES ('valeur_champs1', 'valeur_champs2', …, 'valeur_champsn') ;

Il est parfois nécessaire de modifier les données d'une table. Pour cela il faut utiliser la requête *UPDATE* avec la syntaxe suivante :

UPDATE nom_de_la_table SET nom_du_champs= nouvelle_valeur_du_champs

Pour la suppression d'une base de données, il faut utiliser la syntaxe suivante :

DROP DATABASE nom_base_de_données

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Il est utile de savoir supprimer des tables entières, mais pour cela il faut faire attention aux contraintes comme pour la suppression d'une seule donnée, si une contrainte est toujours active alors la suppression ne pourra se faire et un message d'erreur sera renvoyé à l'utilisateur.

La syntaxe de base pour la suppression de données dans une table est la suivante :

DELETE FROM nom_de_la_table WHERE condition

La condition va correspondre aux données que l'on souhaite supprimer, il est possible d'en mettre plusieurs d'affilée, pour cela il faut les séparer par l'opérateur AND.

Après avoir abordé la réalisation de la base de données, voici la présentation de la mise en place des données. La structure de base pour récupérer les données que l'on a enregistrées précédemment dans une table est :

SELECT nom_de(s)_champ(s) FROM nom_de(s)_table(s)

Diverses options et opérations existent pour améliorer les données que l'on souhaite obtenir. Ces dernières se manient différemment c'est pourquoi il est plus simple de les expliquer à l'aide d'un tableau récapitulatif.

Options	Descriptions	Emploi
*	Cette requête sélectionne toutes les données se trouvant dans la table ou les tables	SELECT * FROM nom_de(s)_table(s) ;
DISTINCT ALL	Permet d'éliminer les doublons c'est- à-dire de ne pas les prendre en compte pendant la sélection Tandis que l'option ALL permet de prendre tout en compte.	SELECT DISTINCT * FROM nom_de(s)_table(s) ; SELECT ALL * FROM nom_de(s)_table(s) ;
COUNT	Donne le nombre de résultats	SELECT COUNT(*) AS élément_à_compter FROM nom_table_de_l'élément ;

ORDER BY ASC et DESC	Cette option permet de faire des tris sur un champ. L'option ASC ou DESC permet d'indiquer l'ordre des tris. ASC correspond alors à un tri croissant et DESC à un tri décroissant	SELECT * FROM nom_table ORDER BY champ_par_lequel_le_tri_se_fait ASC ; SELECT * FROM nom_table ORDER BY champ_par_lequel_le_tri_se_fait DESC ;
BETWEEN	Permets de vérifier qu'une valeur se trouve dans un intervalle	SELECT * FROM nom_table WHERE champ BETWEEN valeur1 AND valeur2

Tableau 11 : Opérations possibles avec des champs SQL

4 Conclusion

Dans ce chapitre, je me suis basé sur le système de contrôle dynamique d'une couverture radio afin de l'adapter aux problèmes des zones grises subits par le réseau souterrain de l'entreprise Xstrata mine Matagami.

Afin de créer un système dynamique, les éléments actifs de l'infrastructure sont contrôlés. En d'autres termes, le contrôle a porté sur les amplificateurs. J'ai déterminé une procédure me permettant de minimiser le facteur humain, en adoptant un système de mise ajours adaptatif et complètement automatisée. Ensuite, la création en elle-même d'une solution automatisée à débuter, avec les organigrammes, servant de préambule à la programmation finale de la solution. Ces organigrammes m'ont permis de mettre en perspective toutes les possibilités que devra gérer la solution.

En implémentant le système RFID à la surface grâce à un projet annexe, je me suis familiarisé avec la solution de l'entreprise Identec en déterminant ces limites et ces possibilités. Cela m'a permis de constater que les outils initiaux de récupération et traitement de données n'étaient pas adaptés à ce que je souhaitais mettre en place comme solution. Ce qui m'a permis d'orienter un peu plus mon raisonnement jusqu'à une solution finale viable.

CHAPITRE V : ÉVALUATION ET ANALYSE DE PERFORMANCE

1 Introduction

Dans ce chapitre, je présente les évolutions de mon raisonnement afin de déterminer ou plutôt d'exclure des causes possibles aux problèmes des zones grises et de congestion.

Je commencerai ce chapitre en m'attardant sur la topologie réseau mise en place, à savoir si cette dernière est conforme aux recommandations du constructeur, et si elle est adaptée à la structure des galeries.

Ensuite j'ai pris plusieurs mesures, dans les zones dites de zones grises ainsi que dans des zones dites « saines », et ce dans le but de mesurer et caractériser le problème.

Pour finir, je présenterai les résultats de mes tests pour pallier le problème de congestion ponctuel du réseau et au problème des zones grises.

2 Configuration réseau

Afin de déterminer si les équipements sont bien placés, il m'a fallu d'abord récupérer quelques données utiles. Une section classique du réseau d'antennes distribuées est représentée de la manière suivante :

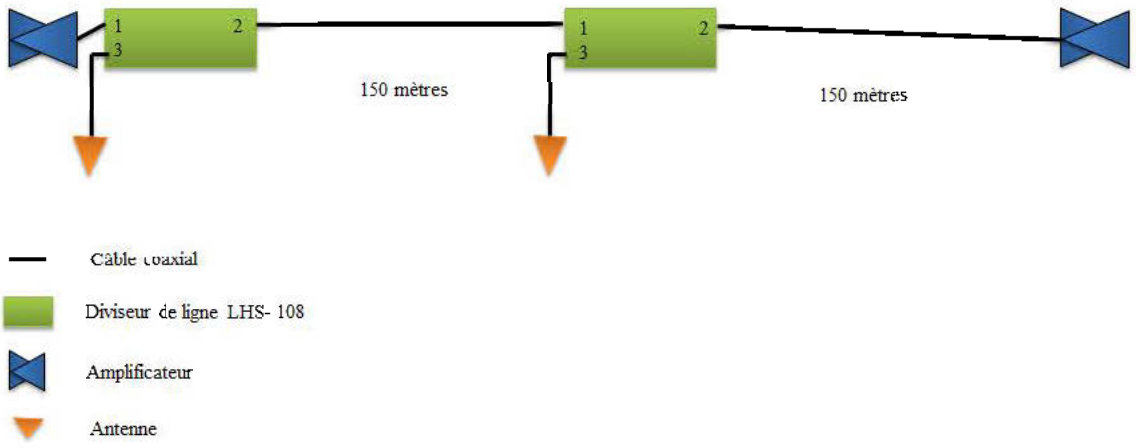


Figure 34 : Section caractéristique du système de communication de Matagami

La perte dans les câbles à 800 MHz (c'est-à-dire la plage de fréquences pour le transfert des données radio), pour un mètre il y a environ 0.067 dB de perdu, soit pour 300 m à peu près 20 dB, les pertes sont différentes pour une fréquence de 150 MHz (plage de fréquences correspondant

aux échanges de données tels que la gestion des ventilateurs). Il y a aussi 1 dB de perte pour les PSU (appareil d'alimentation de la ligne). Entre chaque amplificateur, la perte maximale autorisée est de 34 dB. Et enfin il y a les *splitters* ou diviseurs de ligne, qui génèrent des pertes différentes selon leur nombre de sorties et leur type, comme le montre les deux tableaux ci-dessous.

800 MHz			
Nom	Port 2	Port 3	Port 4
LHS-102	5.0 dB	5.0 dB	----------
LHS-103	7.9 dB	7.9 dB	4.6 dB
LHS-108	2.7 dB	9.2 dB	----------
LHS-112	2.0 dB	12.8 dB	----------
LHS-116	1.7 dB	16.9 dB	----------

Tableau 12 : Caractéristiques diviseurs de ligne 800 Mhz

Câble modem 150 MHz			
Nom	Port 2	Port 3	Port 4
LHS-102	3.9 dB	3.9 dB	----------
LHS-103	7.5 dB	7.5 dB	3.4 dB
LHS-108	2.0 dB	9.3 dB	----------
LHS-112	1.1 dB	12.4 dB	----------
LHS-116	0.8 dB	16.3 dB	----------

Tableau 13 : Caractéristiques diviseuses de ligne câble modem

Pour le Tableau 12 et le Tableau 13 le port 1 n'apparaît pas dans les références, car ce dernier correspond à l'entrée et n'engendre pas de perte notable. En fonction des différents paramètres évoqués plus haut, je vais calculer si l'installation que l'on retrouve le plus souvent sous terre correspond à la perte maximale autorisée par le système entre deux amplificateurs. Soit deux fois cent cinquante mètres de câble, ce qui donne un total de perte par câble noté Pc.

Pc = 150 * 0.067 * 2 = 20.1 dB de perte dans les câbles.

Soit deux diviseurs de ligne LHS-108, qui donnent des pertes au niveau de leurs ports de sortie.

Ps = 2 * 2.7 = 5.4 dB

Soit le total de perte entre les deux amplificateurs, Pt.

Pt = Pc + Ps = 20.1 + 5.4 = 24.5 dB

Selon les normes du fabricant, une section typique entre deux amplificateurs doit être inférieure à 34 dB pour 800 MHz, dans le cas des communications sous terre à la mine Xstrata Matagami, dans le pire des cas la perte totale entre deux amplificateurs est de 30 dB, ce qui est inférieur au maximum autorisé, donc le problème des zones grises sous terre ne vient pas de ce point. Il pourrait venir des antennes mal positionnées à travers les galeries. Afin de vérifier ce point je me suis intéressé au plan de communication, exemple ci-dessous :

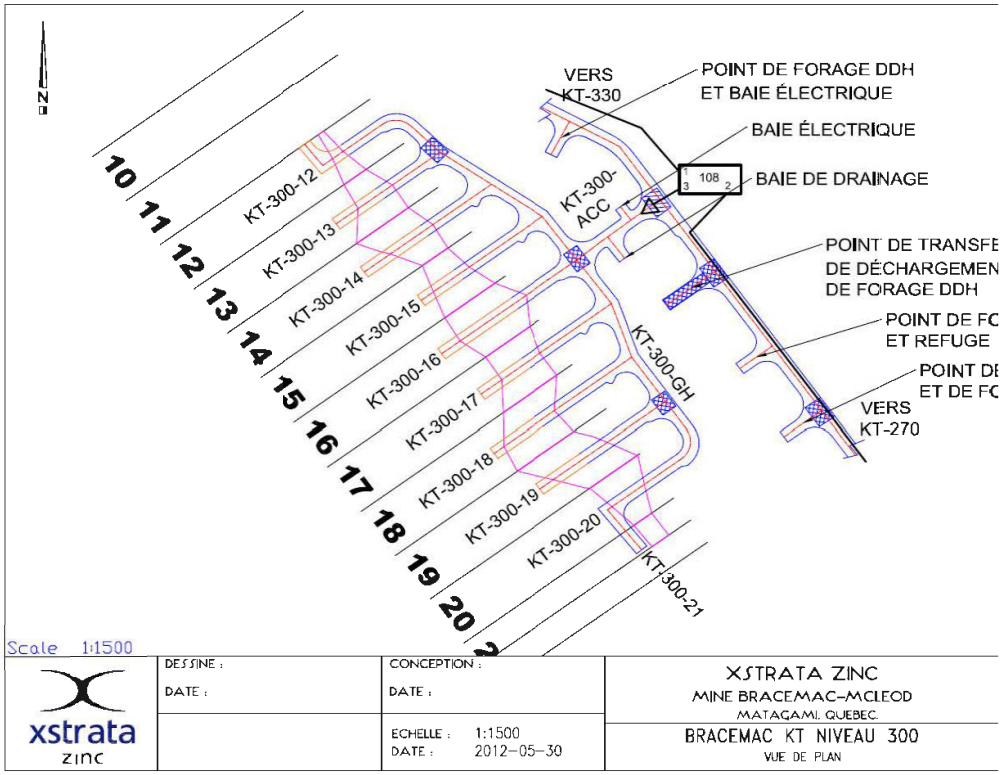


Figure 35 : Plan système de communication mine Bracemac – niveau KT 300

Sur ce plan, le niveau KT niveau 300 apparaît avec ses zones de forage, on remarque à l'emplacement de la baie électrique un diviseur de ligne, avec en sortie numéro 3 une antenne située à l'embranchement des galeries, ce qui permet une optimisation de la zone de couverture de

l'antenne. Après une étude des différents plans liés au système de communication sous terre, une seule antenne est positionnée de manière problématique.

3 Métrique d'évaluation de performance

3.1 Mesure du MOS

Note d'opinion moyenne, MOS, donnant *Mean Opinion Score* dans son terme original anglais. Cette note d'opinion est donnée pour évaluer une chaine de transmission utilisée pour la voie en fonction de l'ouïe humaine. Elle peut varier entre 0 (très mauvais) et 5 (excellent).

Afin de déterminer quels sont les zones grises et le niveau de perturbation que l'on retrouve dans ces zones, j'ai demandé aux personnes travaillant dans les zones dites critiques (zones d'attente des camions pour récupérer le minerai) de remplir une feuille m'indiquant la qualité de la communication en fonction de leur position sous terre. Ceci donne les résultats suivants :

Heures	Lieu	Impression sur 5 ou MOS	Durée de la conversation
8h00	350	2	Non fourni
8h15	360 Rampe	2	Non fourni
8h20	360	1	10 min
9h00	360	1	Non fourni
9h15	Fond rampe	2	5 min
9h40	Fond rampe	3	Non fourni

Tableau 14 : Prise de mesures - MOS

D'après les utilisateurs la compréhension radio n'était pas très bonne, mais est-il possible de visualiser ces données plus concrètement avec l'aide d'un analyseur de spectre.

3.2 Mesure du SNR

Un analyseur de spectre est un instrument de mesure, il peut afficher toutes les fréquences liées à un ou plusieurs signaux. Sur certains modèles il est aussi possible d'utiliser des marqueurs pour avoir une mesure plus précise sur un point donné. Il existe deux types d'analyseur de spectre;

les logiciels souvent liés à un système et les matériels où dans ce cas il est possible de surveiller toutes sortes de signaux.

Le SNR ou le rapport signal sur bruit permet de quantifier de manières plus objectives que le MOS la qualité d'un signal audio. Pour un signal de voix analogique transporté par des ondes radio, le rapport signal sur bruit doit être aux alentours de 40 dB (plus ou moins 15 dB) pour être considéré comme de bonne qualité. Il est possible d'obtenir ce rapport à partir de la formule suivante :

$$\left(\frac{S}{N}\right) \text{dB} = \left(\frac{\text{Puissance du signal}}{\text{Puissance du bruit}}\right) = S_{dBm} - N_{dBm}$$

Afin de calculer ce rapport, j'ai récupéré deux captures de l'analyseur de spectre ayant des niveaux de bruit différents pour la même fréquence.

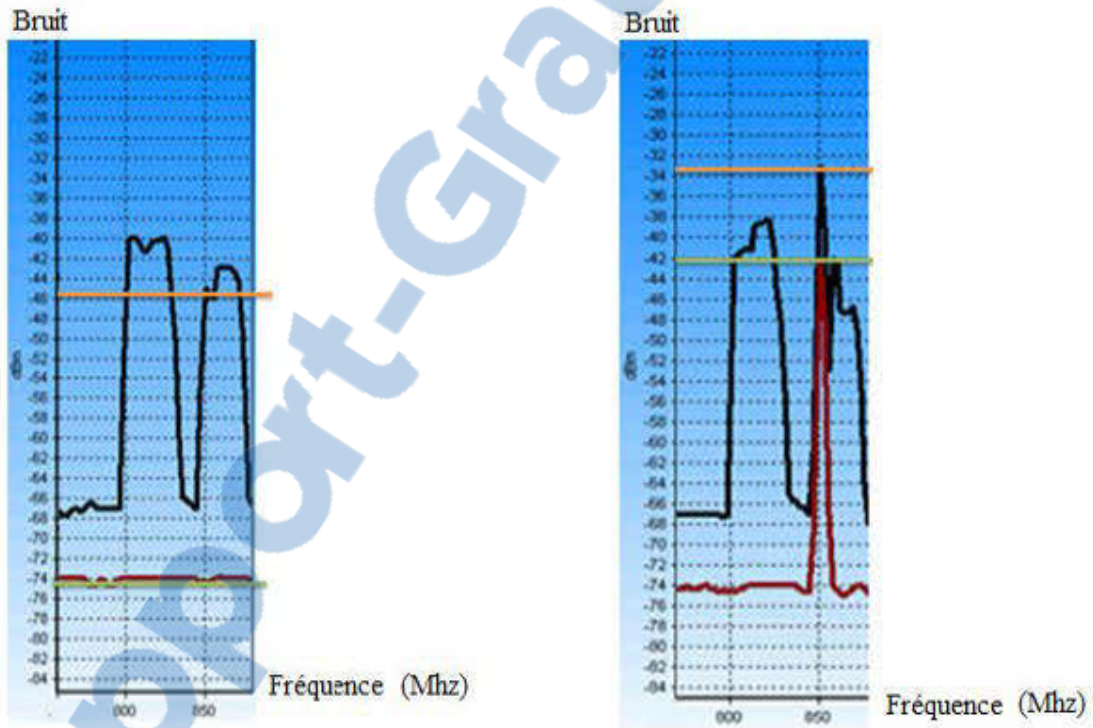


Figure 36 : Capture d'image d'un analyseur de spectre logiciel

Pour la figure de gauche le bruit a une valeur de - 74 dBm et le signal - 44 dBm, donc si je reprends la formule présentée plus haut, un rapport signal sur bruit égal à 30 dB est obtenu. En revanche pour la capture de droite le bruit est passé de - 74 dBm à – 42 dBm et le signal de – 44 dBm à – 33 dBm, ce qui donne un SNR égal à 9 dB, la voix doit atteindre le destinataire, mais risque de ne pas être compréhensible par celui-ci.

Rapport-Gratuit.com

3.3 Mesure du temps de réponse

Suite à la création de la base de données de manière locale, il a fallu maintenant concevoir le programme de gestion adaptative du réseau de communication. Mais avant tout, il faut déterminer le temps de réaction du système afin d'effectuer un dimensionnement optimal du réseau. Afin de déterminer quel est le temps de réponse à un amplificateur, j'ai fait une série de tests sur plusieurs amplificateurs. Si le temps de réponse était nul, le système serait capable de suivre instantanément les variations de la grandeur captée, ce qui a donné les résultats suivants :

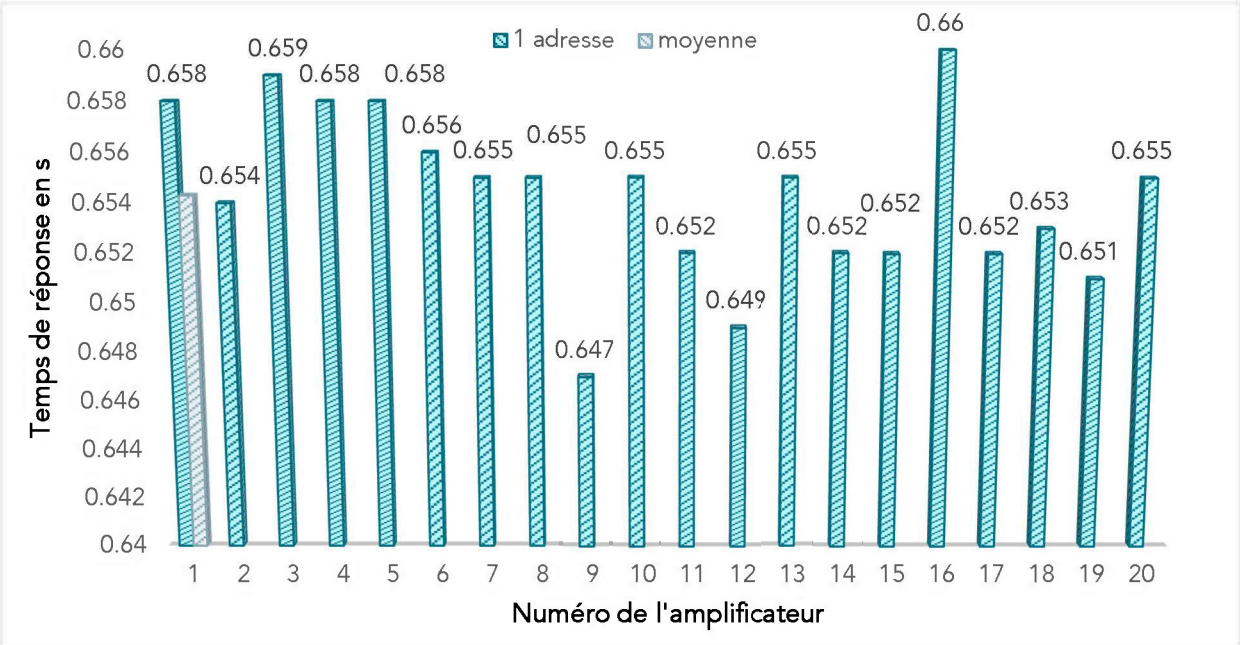


Figure 37 : Temps de réponse du système pour un amplificateur

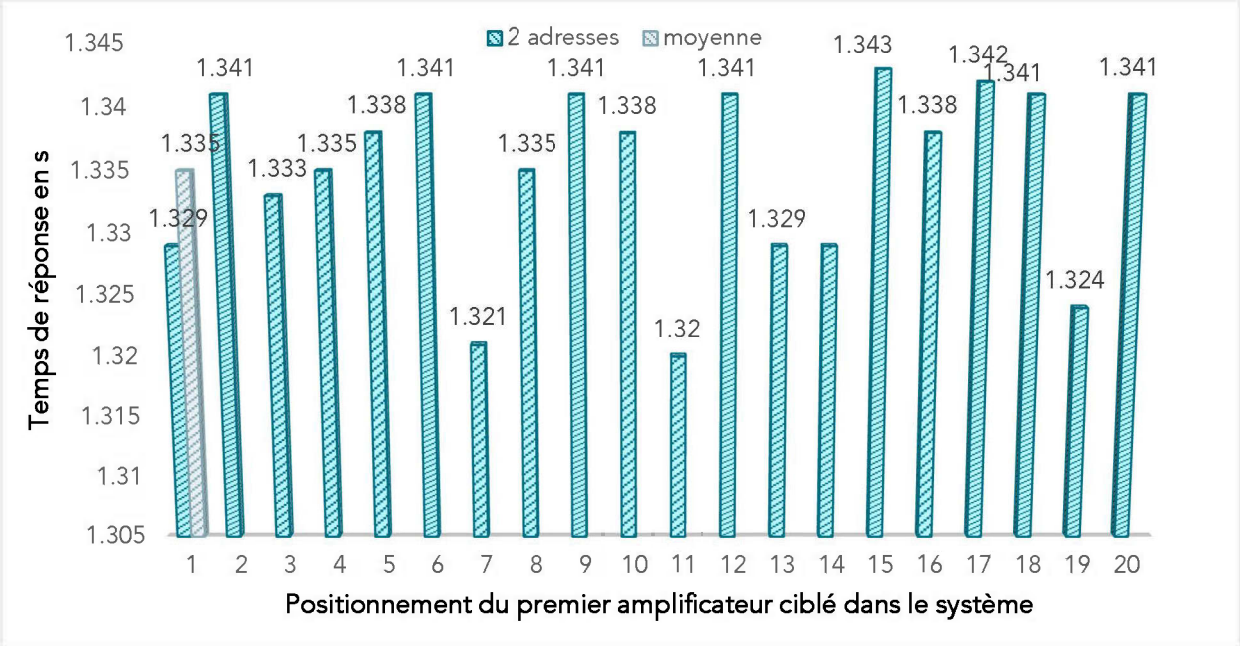


Figure 38 : Temps de réponse du système pour deux amplificateurs

En effectuant d'autres tests similaires, mais avec un plus grand nombre d'amplificateurs, j'ai constaté que le temps de réponse était linéaire et non exponentiel. C'est pourquoi je peux me baser sur le premier graphique pour déterminer le dimensionnement maximum du réseau dans une configuration du type linéaire.

Sachant que le problème des zones grises apparaît lors du stationnement des camions en attente de minerai et que cette attente a une valeur moyenne de 15 minutes, je dois calculer quel sera le nombre total d'amplificateurs que pourra atteindre mon programme avant que le problème ne se résolve par lui-même. Avec une durée moyenne de connexion de 0.654 s pour un amplificateur. La taille maximale du réseau sera :

$$Tr = {}^{900}/_{0.654} = 1376.15$$

Soit 1376 amplificateurs. En raison d'un amplificateur tous les 300 mètres. La mine pourrait avoir une taille de plus de 412 000 mètres de long. Suite au calcul de dimensionnement optimum de la mine avec les valeurs spécifiques des amplificateurs « Cattron », je vais maintenant passer à la phase des tests.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

4 Évaluation du problème de congestion ponctuel

Le problème de congestion ponctuel sur le réseau de communication sous terre d'Xstrata zinc mine Matagami a été résolu grâce à un système de gestion des amplificateurs en fonction des données qu'il est possible de recevoir sur chaque élément actif, soit le RSSI. Afin de vérifier si la solution proposée est fonctionnelle, j'ai effectué quelques tests dans un environnement contrôlé (système créé afin de contrôler les interférences). Pour cela j'ai installé un système de communication en sous-sol d'un bâtiment.

Figure 39 : Système de communication sous-sol

J'ai tout d'abord testé la partie diminution de gain en mettant manuellement sur l'amplificateur un gain haut afin d'obtenir un RSSI haut. Puis j'ai modifié mon programme afin qu'il m'affiche les changements d'état, pour vérifier la bonne évolution de la procédure.

```
Ouverture et configuration du port COM4...
...OK
reception rssi
- 37 dB
envoi commande duminution gain
...OK
reception rssi
- 37 dB
envoi commande duminution gain
...OK
reception rssi
- 41 dB
envoi commande duminution gain
reception rssi
- 43 dB
envoi commande duminution gain
reception rssi
- 44 dB
envoi commande sauvegarder gain
```

Figure 40 : Évolution du programme d'asservissement pour un gain trop élevé

Comme le montre la capture ci-dessus pour un RSSI trop important, la solution effectue une diminution du gain jusqu'à ce qu'il revienne dans des mesures comprises entre les bornes de valeurs acceptables. J'ai ensuite refait la même procédure, mais cette fois-ci en implantant un gain faible dans l'amplificateur.

```
Ouverture et configuration du port COM4...
...OK
reception rssi
- 54 dB
envoi commande augmentation gain
...OK
reception rssi
- 51 dB
envoi commande augmentation gain
...OK
reception rssi
- 47 dB
envoi commande augmentation gain
reception rssi
- 47 dB
envoi commande augmentation gain
reception rssi
- 45 dB
envoi commande sauvegarder gain
```

Figure 41 : Évolution du programme d'asservissement pour un gain trop bas

La capture ci-dessus pour un RSSI faible, la solution effectue une augmentation du gain jusqu'à être compris entre les bornes de mesures acceptables.

5 Évaluation des performances avec le système RFID

Comme présenter précédemment j'ai encore une fois fait quelques modifications à mon programme pour me permettre de suivre en temps réel son évolution, cette fois je ne pouvais imposer une valeur de puissance de signal, le système RFID le faisant de manière aléatoire. Les deux captures ci-dessous représentent deux cas survenus lors des tests.

```
Connexion base de donnees...
...OK
Ouverture et configuration du port COM4...
...OK
Reception fieldstrength
-60
Reception fgain
17
envoi commande set gain 1
Reception fieldstrength
-60
Reception fgain
30
Reception fieldstrength
-60
Reception fgain
30
Reception fieldstrength
-70
Reception fgain
30
Reception fieldstrength
-70
Reception fgain
30
Reception fieldstrength
-75
Reception fgain
30
```

Figure 42 : Évolution du programme pour un *fieldstrength* faible.

Premier cas de figure le champ *fieldstrength* est trop haut, et le gain ne permet pas de faire un changement. Le programme augmente au maximum la valeur du gain le temps du problème.

```
Reception fieldstrength
-65
Reception fgain
21
Reception fieldstrength
-50
Reception fgain
30
Reception fieldstrength
-90
Reception fgain
21
Reception fieldstrength
-90
Reception fgain
21
Reception fieldstrength
-95
Reception fgain
21
Reception fieldstrength
-70
Reception fgain
30
```

Figure 43 : Évolution du programme pour un *fieldstrength* parfois bon

Dans la capture ci-dessus il est possible d'observer deux comportements différents, tout d'abord lorsque la puissance du signal reçu n'est pas correcte. Puis lorsque les valeurs reviennent à la normale. Le gain est alors remis à la valeur initialement mise en place dans le système ici 21. Il est très important de faire ce retour à la normale, car augmenter la valeur du gain vers son maximum peut engendrer la saturation de l'amplificateur sur le long terme.

Le système est donc valide avec un nombre restreint d'amplificateurs. Il va falloir néanmoins tester à grande échelle (nombre d'amplificateurs plus important, nombre de camions, obstacles plus importants) pour vérifier que mon approche est une solution viable.

6 Conclusion

Ce chapitre contient une analyse de la topologie du réseau, ce dernier été nécessaire afin d'évaluer la configuration du réseau et notamment si les normes suivies lors de l'installation correspondaient à celles spécifiées par le constructeur. Ce qui est le cas.

Il contient également les différentes analyses effectuées afin de caractériser le problème des zones grises et des congestions aléatoires du système de communication sous terre. Grâce à ces tests, j'ai pu constater des pics de bruit dans des zones à forte affluence ainsi qu'une diminution de la qualité de la voix.

Pour finir, j'ai mis en place la solution proposée dans un environnement contrôlé afin de tester le bon fonctionnement de celle-ci. Les tests effectués portaient sur le problème de congestion spontané du réseau et sur le problème des zones grises. Les tests sont concluants pour les deux problèmes, néanmoins il manque la phase de test à grande échelle que je n'ai pu effectuer dans les délais impartis.

CHAPITRE VI : CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Je suis arrivé dans l'entreprise Xstrata zinc Matagami en mai 2011. Après deux semaines de formation afin de descendre en sécurité sous terre, j'ai commencé l'analyse des systèmes et à me familiariser avec l'environnement de travail. Le but du projet était d'améliorer le système de communication souterrain déjà mis en place. En faisant une analyse de ce dernier et en créant une solution adaptée au problème relevé par les utilisateurs.

Ainsi, j'ai vérifié que le système de communication été correctement implanté, et j'ai réalisé quelques mesures sous terre pour me rendre compte par moi-même du problème des zones grises engendré par le stationnement et le déplacement des engins utilisés pour l'exploitation minières.

J'ai constaté qu'avant de m'occuper des zones grises je devais concevoir une approche permettant aussi de contourner aussi la problématique de congestion ponctuelle du réseau. À cette fin, j'ai proposé et conçu une application capable de contrôler de manière adaptative la puissance reçue pour chaque amplificateur en commençant par l'équipement de tête de ligne toute en parcourant successivement chacun des amplificateurs. Pour répondre à la problématique des zones grises ou zone d'ombre, j'ai étendu et adapté le même principe pour l'utilisation d'un système de balaise RFID comme moyen pour collecter les information sur l'état de la couverture radio. J'ai validé la mise en œuvre de l'approche proposée dans un environnement contrôlé néanmoins réel. Les résultats obtenus démontrent une adaptation dynamique du gain des amplificateurs lorsque celui-ci est congestionné avec un délai moyen de réaction 1,36 s. Dans le cas du problème de zones grises le délai moyen est de l'ordre de 4,2 s. Ces délais semblent raisonnable pour répondre à la problématique de ce mémoire dans le cas d'une congestion ou d'une zone d'ombre provoquées par des phénomènes non volatil ou plutôt dont la vélocité est inférieure à plusieurs minutes.

Comme mentionné précédemment, en raison de certaines contraintes, je n'ai pu implanter à grande échelle le système adaptatif de gestion des amplificateurs. Ce travail constitue une perspective que l'entreprise pense mettre en œuvre prochainement dans son nouveau site d'exploitation. Le système RFID déployé peut être exploité à simultanément à d'autre usage comme par exemple la possibilité de créer une carte de la mine automatiquement avec la position des différents balises. Ce qui permettrait en plus de remédier aux différentes problématiques traitées dans ce mémoire, d'utiliser le système RFID pour la création d'un système de localisation de personnes et de matériel, avec leurs positionnements sur cette la carte. Cela serait un gain de temps pour la localisation du matériel et un gain de sécurité pour toutes les personnes travaillant sous terre, permettant ainsi en cas de feu ou d'accident de restreindre les zones de recherche, ce qui augmenterait les chances de sauvetages réussis.

BIBLIOGRAPHIES

Rapport-Gratuit.com

[1] C. U. Saraydar, N. B. Mandayam and D. J. Goodman, "Efficient power control via pricing in wireless data networks", IEEE Trans. on Communications, Vol. 50, No. 2, pp. 291–303, Feb. 2002.

[2] Q. V. Davis, D. J. R. Martin, "Radio communication by leaky feeder", 1974.

[3] P. Delogne, "EM Propagation in Tunnels", IEEE Transactions on antennas and propagation, VOL. 39, NO. 3, 1991.

[4] F. de S. Chaves, M. Abbas-Turki, H. Abou-Kandil, J. M. T. Romano, "Contrôle de puissance décentralisé et opportuniste d'un réseau de communication sans fil".

[5] G. Roussos, "Network RFID Systems", Software and Services, 2008.

[6] G.Y. Delisle, "Propagation Charactristics for Modern Wireless System Networks in Underground Mine Galleries", International Institute of Telecommunications, Montreal, First International Workshop on Wireless Communications in Underground and Confined Area (June 6-7, 2005), 2005.

[7] http://www.osisoft.com/

[8] J. H. Noh, "An extension of Transmission Power Control from one to one to one to many links", http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.369.925&rep=rep1&type=pdf.

[9] K.J. Kerpez, S. Ariyavisitakul, "A radio access system with distributed antennas," Globecomm, pp. 1696-1700, May 1996.

[10] K.J. Kerpez, "A radio access system with distributed antennas," IEEE Trans. On Veh. Tech. ,vol. 45, no.2, pp. 265-275, May 1996.

[11] L. K. Bandyopadhyay, P. K. Mishra, Sudhir Kumar and A. Narayan, "Radio frequency communication systems in underground mines", Central Mining Research Institute, Barwa Road, Dhanbad-826001, India.

[12] M. Le treust, S. M. Perlaza, S. Lasaulce, "Contrôle de puissance distribuée efficace énergétiquement et jeux répétés", IEEE.

[13] T. S. Rappaport, "Wireless communications principes and practice" (Repr.with corrections ed.). Upper Saddle River, N.J.: Prentice-Hall, 1999.

[14] S. Yarkan, S. Guzelgoz, H. Arslan, and R.R. Murphy, "Underground Mine Communications: A Survey", IEEE Communications Surveys Tutorials 11, no. 3, 125 – 142, 2009.

[15] V. D. Hunt, A. Puglia, M. Puglia, "RFID - A Guide to Radio Frequency Identification", 2007.

[16] W. Farjow, X. Fernando, "Leaky feeder system optimization in underground mines and tunnels", MASc Thesis Ryerson University 2009.

[17] W. H. Schibauer, J. F. Brune, "Underground coal mine communications for emergencies and everyday operation", Symposium on the Capabilities and Availability of Wireless Communication and Tracking Systems for Underground Coal Mines, 2006.

[18] R. Yates, C. Huang, "Integrated Power Control and Base Station Assignment", IEEE Trans. On. Veh. Technology, 1995.

[19] J. Zander, "Distributed cochannel interference control in cellular radio systems", IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 41, n°3, pp. 305–311, août 1992.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

ANNEXE A

A1 Configuration des tags sur le serveur de données :

Sur le serveur, il faut utiliser le logiciel Watcher pour configurer les lecteurs de puce RFID. Pour créer un tag, il faut passer par plusieurs étapes que je décrirais ci-dessous.

La solution identec RFID est conçue pour fonctionner sous terre et en surface. C'est pourquoi la première étape est de déterminer les niveaux, pour cela il faut aller dans les paramètres d'administration « boite à outils rouges ». Puis dans zones ajouter un niveau avec la description désiré.

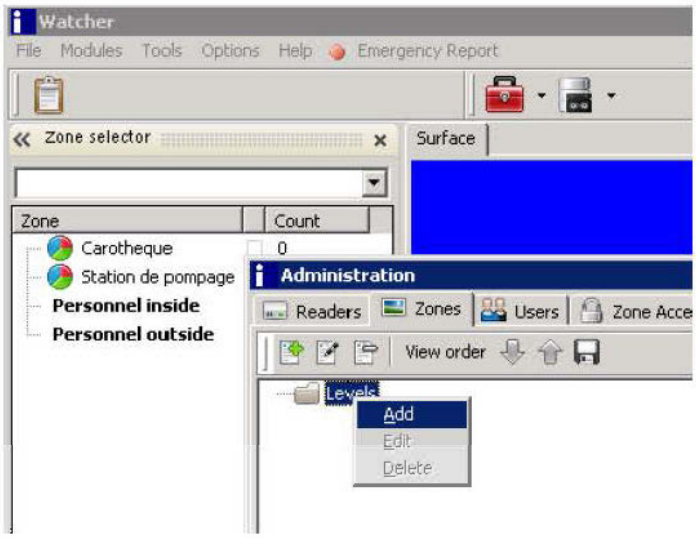


Figure 44 : Logiciel watcher capture 1

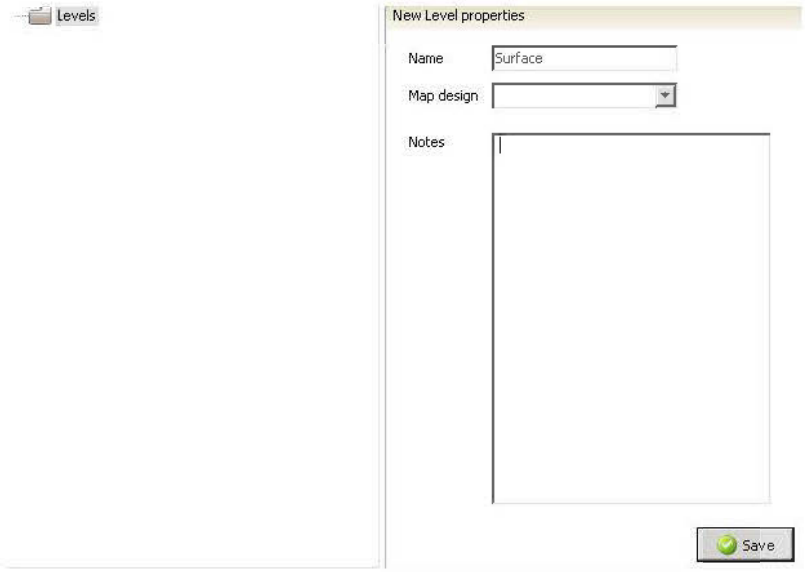


Figure 45 : Logiciel watcher capture 2

Le fait de définir des uiveaux permet de faire un suivi plus précis des puces RFID et notamment de réduire les zones de recherche d'un équipement par exemple.

À chaque uiveau il faut ajouter les différentes zones en fonction de l'emplacement futur des antennes de l'appareil de lecture, mais aussi en fonction de sa localisation géographique.

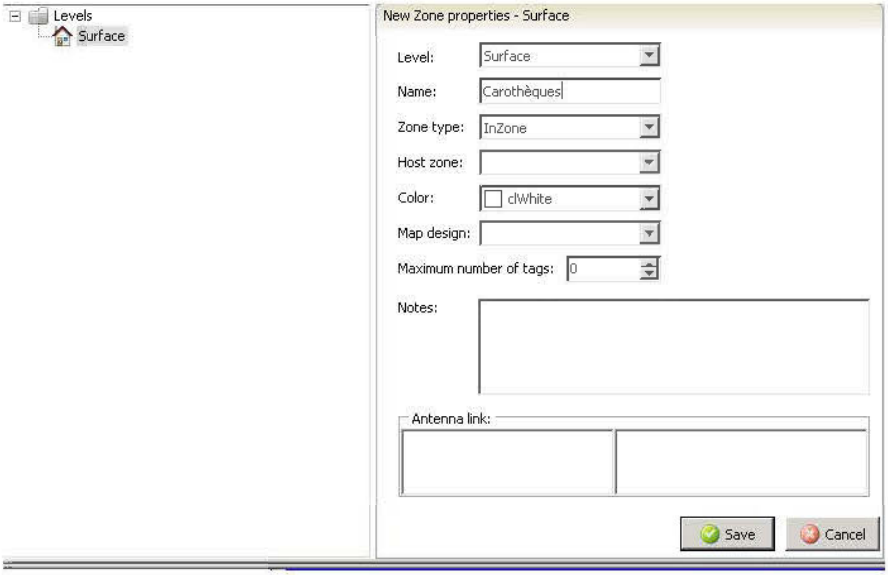


Figure 46 : Logiciel watcher capture 3

Les différentes zones apparaissent ensuite comme suit avec la possibilité de les modifier ci-besoin.

Figure 47 : Logiciel watcher capture 4

Ensuite, il faut ajouter les différents transpondeurs comme suit :

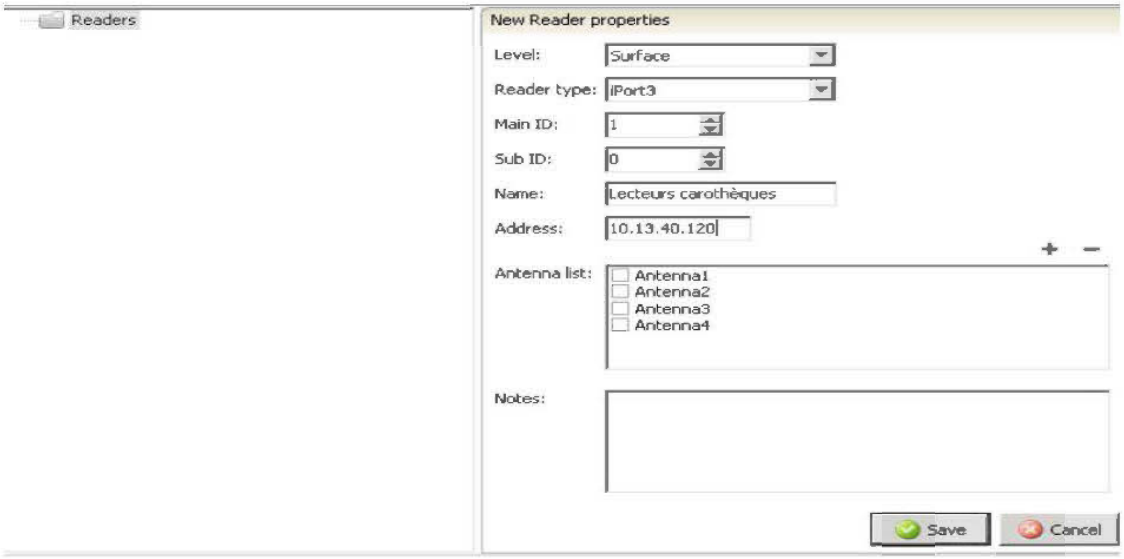


Figure 48: Logiciel watcher capture 5

C'est ici que le lien entre les niveaux et un appareil de lecture se fait.

Pour finir, il faut associer aux antennes des transpondeurs les zones auxquelles elles sont rattachées.

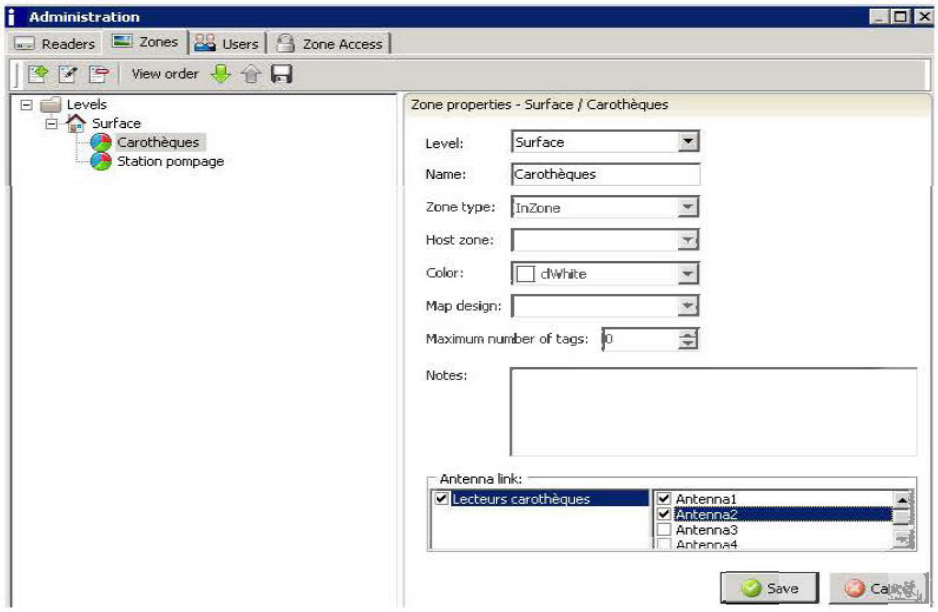


Figure 49: Logiciel watcher capture 4

Une fois les différents transpondeurs configurer, il faut créer les tags, pour cela il faut quitter le système d'administration et aller dans la configuration des tags « bouton à droite de la boite à outils ».

Avant d'enregistrer un tag, il faut créer une catégorie et un groupe auquel il sera associé :

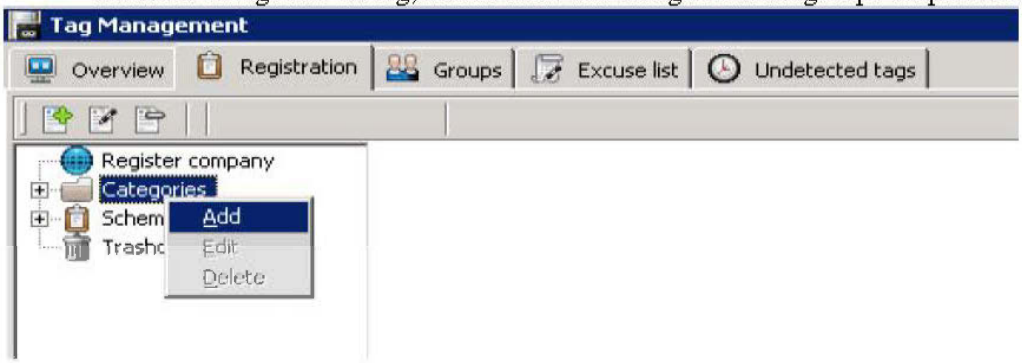


Figure 50: Logiciel watcher capture 6

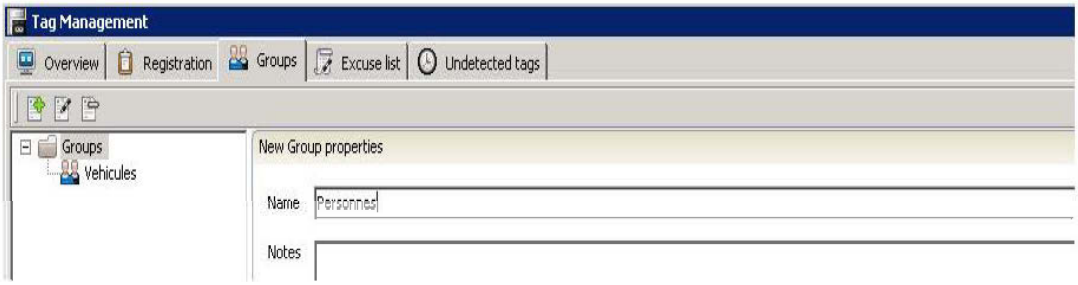


Figure 51: Logiciel watcher capture 7

Pour finir, il faut enregistrer le tag :

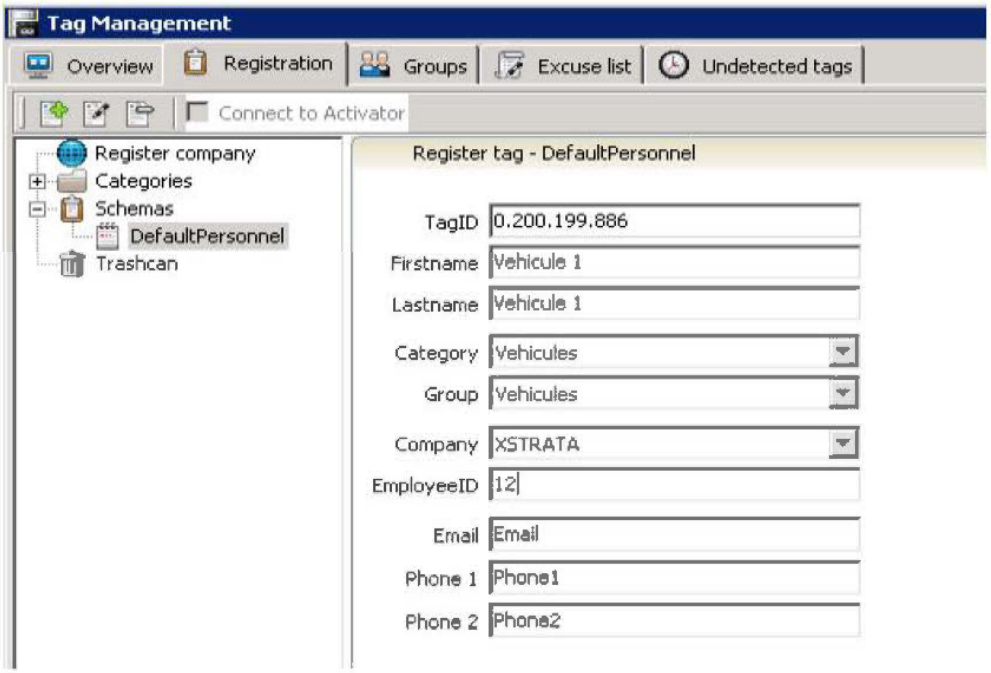


Figure 52: Logiciel watcher capture 8

ANNEXE B

B.1 Fiche technique de l'i-port :

Fixed UHF Interrogator
i-PORT 3

The i-PORT 3 is the next generation of IDENTEC SOLUTIONS' Intelligent Long Range® (ILR®) interrogator. ILR® provides highly accurate, real-time data collection with minimal human intervention in wireless applications such as:

- identification
- tracking and tracing and
- localization

of assets or people.

Using advanced UHF radio frequency technology, the i-PORT 3 transmits and receives data at distances of up to 6 meters (20 ft) from an i-D tag or up to 100 meters (300 ft) from an i-Q tag.

The unique, highly sophisticated anti-collision multi-tag-handling algorithm allows communication to tags even when thousands of tags are within the interrogator's read zone. The i-PORT 3 allows the seamless integration of i-D and i-Q tag information to a host computer system. The result is real-time information, where and when it is needed.

The i-PORT 3 operates with up to four antennas, which can be used concurrently. This means that a signal from a tag is received by all antennas exactly at the same time. This extraordinary feature allows the fast and reliable identification of tags. Additionally, the built-in signal strength measurement capability enables the localization of tags. The i-PORT 3 comes with a software package, which is based on an industrially proofed Real Time Operating System (RTOS). The built-in software features allow various functions such as:

- communication with ILR tags
- concurrent management of 4 parallel antennas, additional transmit-only antenna
- communication to host system via Ethernet interface
- integration of external devices (e.g. GSM, GPS, modem ...) via serial interface
- data processing
- I/O control
- configuration and settings via web interface

The i-PORT 3 includes an internal real-time clock to provide accurate time stamps for data captured from the tags. A maximum of 2,000 messages can be stored on the i-PORT 3 to prevent data loss.

The feature-rich i-PORT 3, combined with other IDENTEC SOLUTIONS ILR system components, offers a leading-edge wireless, automated data collection tool that is easily integrated into advanced information systems.

Features	Benefits
Multi-tag compatibility	Provides interrogation for both i-D tag and i-Q tag series.
Concurrent antenna processing	Receives tag responses simultaneously on all 4 antennas.
Additional transmission-only antenna	Provides wide range wake-up capability for tags moving at high-speeds and for special tag localization tasks.
Concurrent signal strength measurement	Signal strength measured simultaneously on all 4 antennas can be used as parameters for position determination of tags.
Adjustable output power	Read / write range is tunable up to 100 m (300 ft) with an i-Q tag.
100 tag/s identification rate	Provides reliable identification of fast-moving objects.
2,000 tag simultaneous identification	Large numbers of tags can be identified virtually simultaneously.
Real-time operating system (RTOS)	Meets industrial requirements for reliability and robustness.
Ethernet interface	Integrates easily into existing infrastructures.
Serial interface	Expandable to connect external devices, e.g. GSM, GPS, modems, etc.
4 digital inputs and 4 relay outputs	For external process synchronization and control, for light beams, switches, inductive loops, horns, signal lights, barriers ...
SNMP remote management	Provides remote management of hardware and software from a centralized location for web-based maintenance.
Remote diagnostic and configuration	Monitors equipment for fast troubleshooting response time to minimize equipment down time.

Visibility Delivered.

B.2 Fiche technique des capteurs :

Active UHF Tag
i-Q Series

The i-Q series of tags is IDENTEC SOLUTIONS' well-established generation of Intelligent Long Range® (ILR®) active RFID tags.

ILR provides highly accurate, real-time data collection without human intervention in wireless applications such as:

- identification
- tracking and tracing
- localization and
- temperature monitoring.

Using advanced UHF radio frequency technology, i-Q tags transmit and receive data at distances of up to 30 meters (100 feet) from a handheld device or up to 100 meters (300 feet) from a fixed interrogator.

The unique, highly sophisticated anti-collision multi-tag-handling algorithm allows communication to tags even when thousands of tags are within the interrogator's read zone.

Because of its very low power consumption, the tag can operate effectively for over 6 years.

Tags of the i-Q series are available with expandable memory and an optional sensor for monitoring temperature.

Also, the optional LED supports visual recognition, such as, for example, for "pick-by-light" applications.

The i-Q tag line can withstand the abuse expected from work processes; the tags are very economical and an ideal fit for high volume tracking of assets and people.

Features	Benefits
100 meters (300 ft) read/write range	Allows automated identification, tracking and tracing of assets and people without human intervention.
8,000 Bytes memory (Option: 32,000)	Stores user and process information as well as temperature data onto the tag to provide real-time tracking and tracing. Can be used as an electronic packing slip or as an electronic shop traveler.
UHF operating frequencies	Allows low-power, long communication range and high data transmission rates with minimal interference due to local conditions.
100 tags/sec. identification rate	Provides reliable identification of fast moving-objects.
2,000 tags simultaneous identification	Large numbers of tags can be identified virtually simultaneously.
Temperature logging (Option)	Measures and logs the temperature of goods in definable intervals.
LED (Option)	Provides visual identification of an addressed tag ("pick by light").
6 year battery lifetime	Delivers long-time maintenance-free operation, without battery replacement.
Communication on demand only	Eliminates RF flooding through software-controlled read/write operations.
Non-line-of-sight data transmission	Allows tags to be buried while transmitting for improved tracking/locating efficiency.
Low cost	Economical tracking of large quantities of assets using high-performance active technology.

Visibility Delivered.

Rapport-Gratuit.com

B.3 Fiche technique de l'antenne Cattron :

CATTRON GROUP INTERNATIONAL

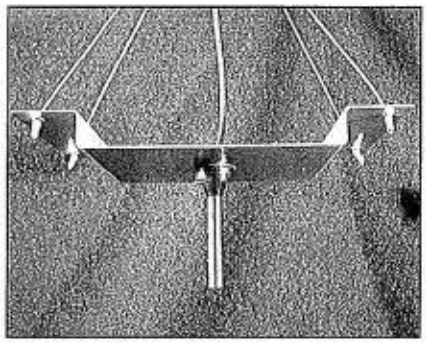
150 Armstrong Avenue Unit 5&6
Georgetown, Ontario, Canada
L7G 5G8
Tel: (905) 873-9440
Fax: (905) 873-9449
www.cattron.com

Omni-directional antenna specifications
PN 930-6073-01

This antenna is used in underground mines to provide the Voice and Data coverage in the 740-890Mhz band. It has a stainless steel back plane to insure the best propagation in the underground mine tunnels.

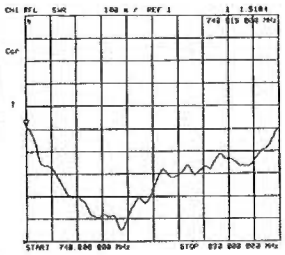
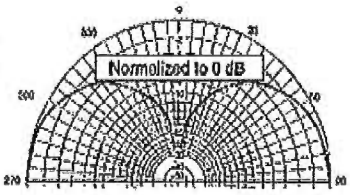
It is suspended from the ceiling in such a way as to resist to air motion created by blasting.

Its large diameter whip antenna provides the extra bandwidth required for Mine Automation Communication Systems.



Antenna Omni-directional PN : 930-6073-01

Electrical Specifications		Mechanical Specifications	
Frequency range	740 - 890 Mhz	Connector	F male
Maximum power	100 watt	Ground plane material	Stainless steel
Nominal gain	Unity	Ground plane size	2.5 X 20 x 30 cm
Impedance	75 ohms	Antenna whip height	9.5 cm
Cable type	RG-59	Cable length	100 cm long (36")
VSWR	1.5 : 1	Weight	1 Kg

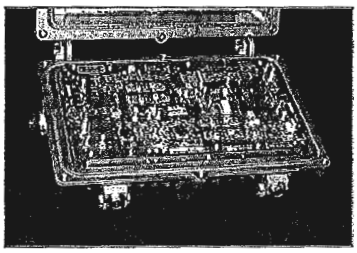
VSWR Curve	Field pattern
	

B.4 Fiche technique de l'amplificateur Cattron :

95 – 7075 Place Robert-Joncas
Montréal (Québec) Canada
H4M 2Z2
Tel: (514) 333-8101 Fax: (514) 333-7382
www.siamtec.ca

SBDA II Amplifier Specifications

PN 926-8047-00



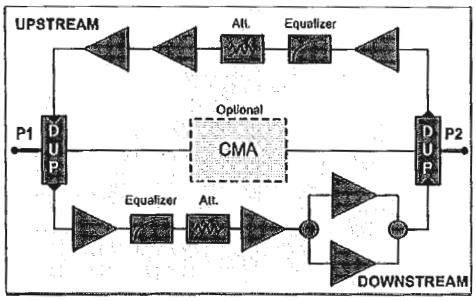
SIAMtec has designed the SBDA II bi-directional amplifier to compensate for propagation losses in the cable as well as coupling losses at the antenna sites. Moreover, the SBDA II is designed to support the Cable Modem Adapter board (CMA) which provides High Speed Data Networks for Underground Mines.
A CATV power supply feeds 60VAC power into the cable thus allowing the operation of the amplifiers that are located downstream.

The amplifier gain is manually adjusted during installation and commissioning to maintain the desired RF level throughout the mine.
The amplifier has been designed with redundancy in mind by using dual transistors on the final amplifier stages. If one transistor should fail, the overall amplifier output would drop by only 6 dB allowing communication services to remain operational.

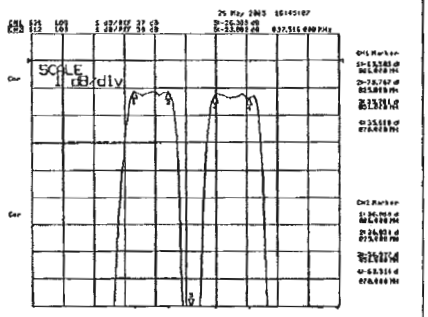
SIAMtec uses the environmental housing made by "General Instrument" (a leader in the CATV industry), which is built for harsh environments. This housing protects the amplifier's electronics against water, oil, dust, vibration and shock.

Parameters	Specification	Remarks
Amplifier & DAS Frequency band Forward (Downstream)	851-870 Mhz	± 1 dB ripple
Amplifier & DAS Frequency band Reverse (Upstream)	806-825 Mhz	± 1 dB ripple
Maximum Amplifier gain	34 dB	± 2dB @ 890 Mhz
Maximum number of carriers at nominal power	12 carriers	at 13 dBm
Maximum power , single carrier	+ 33 dBm	± 2 dB
Manual amplifier gain control	0 – 32 dB	in 1 dB steps
Noise figure	6 dB	± 1 dB
1 dB Compression point, Reverse	+ 26 dBm	± 2 dB
1 dB Compression point, Forward	+ 33 dBm	± 2 dB
Power input (CATV square wave Power Supply)	35-65 Volts,	Thru the cable
Amplifier Power consumption	25 watts Maximum	22 watts typical
Forward / Reverse channel separation	>40 dB	
Packaging (General Instrument, Model JLX)	Nema 4	aluminum casting
Dimensions	28 X 21 X 11 cm	
Weight	2.9 Kg	

Block Diagram



Frequency response Curve



Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

B.5 Fiche technique diviseur de ligne :

THE STANDARDS WE MEET:

ELECTROMAGNETICS AND SAFETY

Electromagnetic Compatibility and Electrical Safety-Generic Criteria

Bellcore-GR-1089-CORE
Type 1

EMI isolation better than 100 dB

RELIABILITY

Reliability Prediction Procedure for Electronic Equipment

Bellcore-TR-NWT-000332,
Black Box Method 1
Case 1
(Results on file)

SURVIVABILITY

I.E.E.E. Guide for Surge Voltages in Low Voltage AC Power Circuits
ANSI/IEEE-C62.41.1991
Category B3
(Combination Wave)

WEATHERING

A.S.T.M. Standard Test Method of Salt Spray (Fog) Testing
ASTM-B117-90
(Results on file)

HIGH CURRENT SURVIVABILITY

25 Amperes for 2 hours

OPTIONAL

LHI100H

30 amperes Input Power Inserter

COMPARE BANDWIDTH POWER HANDLING CAPABILITY AND NON-DISRUPTION OF SERVICE . . .
ALL THIS AND MORE FROM THE PEOPLE WHO CREATED THE STANDARD

Performance Specifications 5 to 1000 MHz 20 Ampere Rating

Frequency Response

Model		5	10	30	40	50	300	450	550	750	860	1000	
LHI100	No. 2	0.40	0.30	0.25	0.25	0.25	0.25	0.30	0.35	0.45	0.55	0.70	AVE
		0.55	0.45	0.35	0.35	0.35	0.35	0.40	0.45	0.55	0.70	0.90	MAX
	ISO	60	64	66	66	65	50	48	48	48	49	50	MIN
LHS102	No. 2&3	3.60	3.65	3.50	3.50	3.50	3.60	3.80	3.90	4.10	4.25	4.50	AVE
		3.75	3.80	3.60	3.60	3.60	3.80	3.95	4.05	4.30	4.50	4.75	MAX
	ISO	20	28	37	37	36	23	22	21.5	21	21	21	MIN
LHS103	No. 4	3.60	3.60	3.45	3.45	3.45	3.70	3.85	4.00	4.20	4.40	4.70	AVE
		3.75	3.75	3.60	3.60	3.60	3.90	4.05	4.15	4.40	4.55	4.90	MAX
	No. 2&3	6.80	7.00	6.80	6.80	6.80	6.90	7.15	7.30	7.55	7.95	8.35	AVE
		7.10	7.20	7.00	6.95	6.95	7.15	7.35	7.45	7.75	8.20	8.70	MAX
	ISO	26	32	37	38	38	31	31	29	25	23	23	MIN
LHS103B	No. 4	5.50	5.55	5.40	5.35	5.35	5.75	5.95	6.05	6.25	6.50	6.80	AVE
		5.65	5.70	5.55	5.50	5.50	5.95	6.20	6.30	6.50	6.70	7.20	MAX
	No. 2&3	5.80	5.80	5.55	5.50	5.45	5.60	5.75	5.85	6.15	6.50	6.80	AVE
		5.95	5.95	5.70	5.65	5.60	5.80	6.00	6.10	6.40	6.70	7.20	MAX
	ISO	23	26	28	29	29	22	23	23	23	22	21	MIN
LHC108	No. 2	2.05	2.15	1.95	1.95	1.90	1.95	2.10	2.20	2.40	2.50	2.85	AVE
		2.20	2.30	2.10	2.10	2.10	2.20	2.30	2.40	2.60	2.75	3.20	MAX
	No. 3	9.3	9.4	9.2	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.2	9.4	9.8	AVE
		9.5	9.6	9.4	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.4	9.6	10.0	MAX
	ISO	21	26	29	29	29	25	24	23	22	20	19	MIN
LHC112	No. 2	1.05	1.20	1.00	1.00	0.95	1.05	1.30	1.40	1.60	1.95	2.35	AVE
		1.25	1.35	1.10	1.10	1.10	1.20	1.45	1.60	1.85	2.20	2.60	MAX
	No. 3	12.0	12.2	12.2	12.1	12.1	12.1	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	AVE
		12.4	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.4	12.6	12.7	12.8	MAX
	ISO	29	41	37	36	35	26	26	26	25	22	19	MIN
LHC116	No. 2	0.95	1.15	0.95	0.90	0.90	0.85	1.05	1.10	1.10	1.20	1.50	AVE
		1.20	1.30	1.10	1.05	1.05	1.10	1.20	1.30	1.30	1.35	1.70	MAX
	No. 3	15.7	16.0	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.3	16.7	16.9	16.4	AVE
		15.8	16.1	16.2	16.2	16.2	16.3	16.3	16.5	17.0	17.2	17.2	MAX
	ISO	33	45	41	39	38	29	29	29	29	26	21	MIN
LHI108	No. 2	2.00	2.15	1.90	1.85	1.85	1.90	2.10	2.20	2.30	2.50	2.85	AVE
		2.10	2.30	2.10	2.10	2.10	2.10	2.30	2.40	2.50	2.75	3.20	MAX
	No. 3	9.4	9.3	9.2	9.1	9.1	9.0	8.7	8.6	8.7	9.0	9.5	AVE
		9.6	9.5	9.4	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.4	9.6	10.0	MAX
	ISO RF	21	26	29	29	29	25	23	22	20	19	18	MIN
	ISO AC	60	64	66	66	65	50	48	48	48	49	50	MIN
LHI112	No. 2	1.05	1.20	1.00	1.00	0.95	1.05	1.30	1.40	1.60	1.95	2.35	AVE
		1.3	1.4	1.1	1.1	1.1	1.2	1.5	1.6	1.9	2.2	2.6	MAX
	No. 3	12.2	12.1	12.1	12.1	12.1	11.6	11.4	11.3	11.3	11.6	11.8	AVE
		12.4	12.3	12.3	12.25	12.25	12.3	12.25	12.35	12.35	12.35	12.35	MAX
	ISO RF	29	41	38	37	36	26	25	24	22	21	19	MIN
	ISO AC	60.00	64.00	66.00	66.00	65.00	50.00	48.00	48.00	48.00	49.00	50.00	MIN
LHI118	No. 2	1.0	1.2	1.0	0.9	0.9	0.9	1.1	1.1	1.1	1.2	1.5	AVE
		1.2	1.3	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.7	MAX
	No. 3	16.3	16.1	16	16	16	15.5	15	14.9	15	15	15	AVE
		16.5	16.3	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.3	16.3	16.3	16.3	MAX
	ISO RF	32.00	45.00	40.00	39.00	38.00	34.00	32.00	31.00	29.00	28.00	24.00	MIN
	ISO AC	60.00	64.00	66.00	66.00	65.00	50.00	48.00	48.00	48.00	49.00	50.00	MIN
LHI120	No. 2	0.55	0.65	0.50	0.47	0.47	0.57	0.68	0.72	0.85	0.96	1.14	AVE
		0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.40	MAX
	No. 3	19.80	19.70	19.60	19.60	19.60	18.30	17.70	17.60	18.10	18.20	17.10	AVE
		20.20	20.10	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	MAX
	ISO RF	32.00	42.00	45.00	45.00	45.00	36.00	33.00	31.00	28.00	27.00	26.00	MIN
	ISO AC	60.0	64.0	66.0	65.0	65.0	50.0	48.0	46.0	46.0	49.0	50.0	MIN
LHI100D	No. 2	0.45	0.35	0.25	0.25	0.25	0.2	0.25	0.3	0.35	0.5	0.7	AVE
		0.55	0.45	0.35	0.35	0.35	0.35	0.40	0.45	0.55	0.70	0.90	MAX
	ISO AC	60.00	64.00	66.00	66.00	65.00	50.00	48.00	46.00	48.00	49.00	50.00	MIN
LHI100H	No. 2	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.7	AVE
		0.55	0.45	0.35	0.35	0.35	0.35	0.4	0.45	0.55	0.7	0.9	MAX
	ISO AC	60	64	66	66	65	50	48	46	48	49	50	MIN
RETURN LOSS		18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	20	MIN

HUM MODULATION	Average of 5, 10 and 50 MHz	Average of 300, 450, 550, 750 and 1000 MHz	
@ 10 Amperes	-75	-60	MIN
@ 12 Amperes	-70	-75	MIN
@ 15 Amperes	-65	-70	MIN
@ 20 Amperes	-55	-65	MIN
TEMP RANGE	-40 to +60 °C		

All specifications subject to change without notice

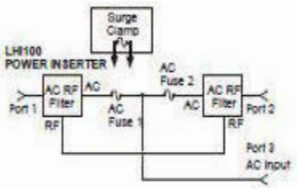
Sep-03

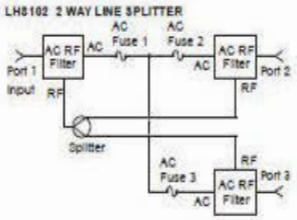
Model	Description
LHI100	Power Inserter
LHS102	2 Way Line Splitter
LHS103	3 Way Line Splitter
LHS103B	Balanced 3 Way Line Splitter
LHC108	8dB Status Picker/Power Inserter
LHC112	12dB Status Picker/Power Inserter
LHC116	16dB Status Picker/Power Inserter
LHI108	8dB Status Picker/Power Inserter
LHI112	12dB Status Picker/Power Inserter
LHI116	16dB Status Picker/Power Inserter
LHI120	20dB Status Picker/Power Inserter
LHI100D	Dual Power Inserter

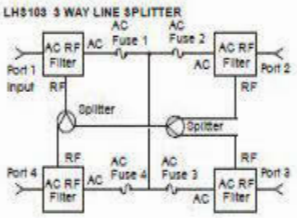
Special Variation **No RF**

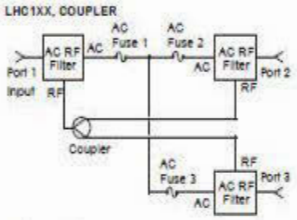
LACS	Central Node Power Inserter

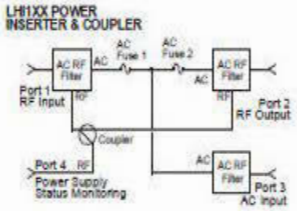
Block Diagram

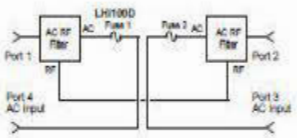


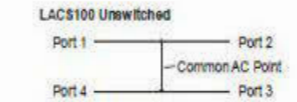


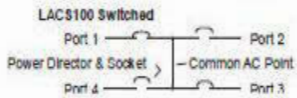








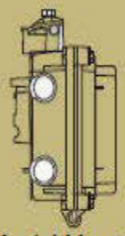




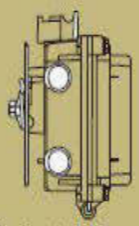
Dimensions
6 3/8" X 5 ¾" X 2 15/16"

Weight
1Kg (2.2 lb.)

Mounting
Arrangements



Aerial Mount



Pedestal Mount

Hanger Bracket

LHR100 SERIES PASSIVES

Rebuilds in CATV often require painful tradeoffs between reusing existing plant resources, (such as amplifiers and passives) or deploying newly purchased replacement devices. These difficult decisions effect more than line item costs, questions involving the reliability of reused connectors, and interruption of service are part of that difficult equation.

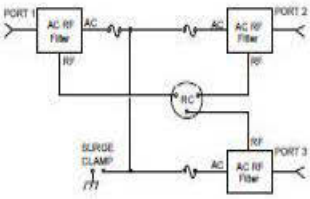
As CATV moved from hundreds to (currently the state of the art in passives) a thousand Megahertz, there was often a valid secondary rationale to increase the bandwidth while the system was in the disarray of a rebuild. Currently the evolution of digital television makes the compelling logic of moving ever higher in frequency, at each opportunity, very questionable.

Shorter cascades have advantages, and demographic changes mean neighborhoods and service areas can be surprisingly subject to rapid change.

The Lindsay LHR100 Passive rethinks the broadband passive from a differing management perspective; that the passive is valuable and re-configurable by moving a simple plug-in. This approach liberates the system operator from concern over the obsolescence of passives for most foreseeable rebuilds. The input, output and tap can be reconfigured to different physical ports and the value changed in ones of minutes instead of an approachable portion of an hour per passive, including the administrative time. The investment is preserved, with a decrease in service interruption and increased efficiency of spares on hand, line worker safety, and simple convenience.

Surprisingly, this is achieved without an increase in Insertion losses, or a degradation of Return loss. We invite you to consider this option in your plant design strategies.

BLOCK DIAGRAM



PORT CONFIGURATION

The LHR100 Series uses a standard platform (housing) with a series of couplers that can be installed or plugged into the housing to produce the various values in the series. In addition, the system is designed to allow the coupler to be installed 6 different ways producing all possible port combinations. This flexibility allows the passive device to be installed in the system for the present system configuration, and when system alterations occur such as deeper penetration of the fiber cable (for smaller hubs), the levels and signal direction can be updated without removal of the housing (no connector change out). The unit is simply opened and the internal coupler is replaced with a proper value and orientation.

The RC coupler is designed to allow it to be installed 6 ways, 3 in a forward direction and 3 in a reverse direction. This is accomplished by the usage of sockets on the RC that allow the pins on the platform to be inserted from either side of the coupler. The pins and sockets are placed on a 120 degree pattern to allow the coupler to be rotated (relative to the platform) in 120 degree steps. With the flipping of the coupler, this provides 6 different configurations without removal of the cables. The following figures show the 6 different coupler configurations

MECHANICAL DESCRIPTION

All stations are housed in the same corrosion resistant solid zinc dichromate plated housing base, model 100HB. The base has a butyl O-ring for moisture protection, the lid of the same material has a monel mesh seal for effective RF integrity. Passive stations use the 100H housing lid.

Overall size is approximately 6 3/8 x 5 3/4 x 2 15/16 inches (16.2 x 14.6 x 7.5 cm) with the passive lid. Weight is approximately 2.5 lbs. (1.15 Kg).

All external connections to the station are accomplished with 5/8-24 inch connector entries to permit the use of any standard 75 ohm coaxial cable connector. Each connector port extends from the housing body to form a large area for heat shrink tubing which will cover the connector body. A ridge near the end of the connector port prevents the tubing from sliding off. Depending on the motherboard to be installed, the housing can have from three to four connector ports in use. Unused ports are closed with a zinc di-chromated threaded plug with a sealing O-ring. The ports are designated as shown above. Ports 1 to 3 are used for the three port devices.

Internal connections between the RC rotatable coupler and the 100HB housing use a pin and socket system that allows the coupler to be installed 6 different ways. This produces all possible port combinations for a 3 port coupling device. The RC coupler is secured to the platform by a plastic standoff located beneath the coupler. Pins on the main board insert into holes of the coupler. Once the pins are inserted into the holes, push gently until you hear a snap locking the coupler in place. Further details are given in the following section on Port configuration.

A versatile selection of mounting brackets and hardware provide flexibility in all aerial, wall and pedestal installations. The station fits a standard 6" pedestal.

Station lids are hinged and fastened with four stainless steel bolts captive to the lid. They require a 7/16" wrench or large slot screwdriver. The hinges are at the bottom left and right corner of the housing. A small key on the housing lid hinge pin keeps the lid captive to the housing when it is open. The lid is removed by opening it 23O and sliding it to the left to disengage the lid hinge pins from the housing base hinge bosses.

To ensure RF integrity the housing base and lid create a labyrinth effect when closed. Both parts have a raised ridge which overlap each other so there is no line-of-sight path out of the station.

ORDERING INFORMATION

ASSEMBLED

The LHR100 Series can either be ordered as a fully assembled unit, or separately. When ordered in the assembled version, the associated RC coupler will be installed in the LHR housing. Expected units to be offered are assembled

SEPARATELY

The various parts that make up the LHR100 Series can also be ordered as separate parts to ease upgrading as well as new installations. For upgrade situations, the LHR Platform PCB Assembly has been designed to fit into both the original and new 100 Series housing. Simply remove the original PCB from the housing and install the new LHR100 PCB Assembly. No connectors need to be removed. For new installations, the LHR100 Series can be installed with or without the coupler installed. At a later date when the fiber system is extended further into the system for smaller node sizes, the plug-in RC coupler can be replaced with a value and orientation that suits the upgraded system. Again, no connectors need to be removed.

Assembled		Separately	
LHR100	LHR Platform with RC0 installed	LHR Platform	LHR Housing with Platform PCB Assemble
LHR104	LHR Platform with RC4 installed	LHR PCB Assy	LHR Platform PCB Assembly
LHR107	LHR Platform with RC7 installed	RCO	0 dB thru (2 Ports RF, 3rd port AC only)
LHR108	LHR Platform with RC8 installed	RC4	4 dB coupler (splitter)
LHR110	LHR Platform with RC10 installed	RC7	7 dB coupler
LHR112	LHR Platform with RC12 installed	RC8	8 dB coupler
LHR113	LHR Platform with RC13 installed	RC10	10 dB coupler
LHR116	LHR Platform with RC16 installed	RC12	12 dB coupler
		RC13	13 dB coupler
		RC16	16 dB coupler

SPECIFICATIONS

THE STANDARDS WE MEET:

ELECTROMAGNETICS AND SAFETY

Electromagnetic Compatibility and Electrical Safety-Generic Criteria

Bellcore-GR-1089-CORE
Type 1

EMI isolation better than 100 dB

RELIABILITY

Reliability Prediction Procedure for Electronic Equipment

Bellcore-TR-NWT-000332,
Black Box Method 1
Case 1
(Results on file)

SURVIVABILITY

I.E.E.E. Guide for Surge Voltages in Low Voltage AC Power Circuits
ANSI/IEEE-C62.41.1991
Category B3
(Combination Wave)

WEATHERING

A.S.T.M. Standard Test Method of Salt Spray (Fog) Testing
ASTM-B117-90
(Results on file)

HIGH CURRENT SURVIVABILITY

25 Amperes for 2 hours

COMPARE BANDWIDTH POWER HANDLING CAPABILITY AND NON-DISRUPTION OF SERVICE . . .
ALL THIS AND MORE FROM THE PEOPLE WHO CREATED THE STANDARD

Performance Specifications — **5 to 1000 MHz** — **20 Ampere Rating**

Frequency Response

Model		5	10	30-50	100	300	450	550	750	860	1000	
LHR100	Tap	0.23	0.33	0.25	0.28	0.46	0.59	0.49	0.64	0.69	0.91	AVE
		0.40	0.40	0.40	0.45	0.60	0.70	0.75	0.85	0.90	1.00	MAX
	ISO	28	32	40	48	40	36	34	32	32	32	MIN
LHR104	Thru	3.27	3.48	3.45	3.48	3.64	3.83	3.86	4.17	4.32	4.61	AVE
		3.75	3.75	3.75	3.80	4.00	4.10	4.20	4.50	4.70	5.00	MAX
	Tap	3.21	3.47	3.45	3.48	3.65	3.87	3.86	4.08	4.24	4.65	AVE
		3.75	3.75	3.75	3.80	4.00	4.10	4.20	4.50	4.70	5.00	MAX
	ISO	20	28	28	26	22	22	22	22	22	22	MIN
LHR107	Thru	1.49	1.63	1.60	1.63	1.86	2.11	2.13	2.36	2.51	2.89	AVE
		1.80	1.80	1.80	1.80	2.10	2.30	2.40	2.60	2.80	3.10	MAX
	Tap	8.29	8.00	7.75	7.71	7.56	7.45	7.35	7.41	7.55	7.94	AVE
		8.60	8.40	8.10	8.00	7.90	7.80	7.70	7.80	7.90	8.20	MAX
	ISO	18	26	31	31	23	20	18	16	16	16	MIN
LHR108	Thru	1.45	1.64	1.58	1.60	1.79	2.05	2.04	2.21	2.43	2.81	AVE
		1.80	1.90	1.80	1.80	2.10	2.30	2.40	2.60	2.80	3.10	MAX
	Tap	8.64	8.54	8.40	8.39	8.32	8.33	8.23	8.45	8.61	8.95	AVE
		8.90	8.80	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.80	9.00	9.40	MAX
	ISO	16	20	23	23	20	18	17	17	17	18	MIN
LHR110	Thru	1.02	1.18	1.15	1.15	1.35	1.71	1.59	1.87	2.03	2.45	AVE
		1.45	1.45	1.40	1.40	1.70	1.90	2.00	2.25	2.45	2.70	MAX
	Tap	10.4	10.1	10.0	10.0	9.7	9.6	9.4	9.5	9.6	10.1	AVE
		10.7	10.5	10.3	10.3	10.1	10.0	10.0	10.0	10.2	10.5	MAX
	ISO	22	28	28	27	22	19.5	19	18	18	18	MIN
LHR112	Thru	0.73	0.87	0.82	0.84	1.06	1.34	1.35	1.63	1.87	2.32	AVE
		1.00	1.00	1.00	1.00	1.30	1.50	1.60	1.80	2.00	2.40	MAX
	Tap	13.4	12.8	12.5	12.5	12.2	11.9	11.7	11.7	11.7	12.1	AVE
		13.5	13.0	12.7	12.6	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.7	MAX
	ISO	22	33	33	30	24	21	20	19	18.5	18	MIN
LHR113	Thru	0.67	0.77	0.73	0.75	0.92	1.12	1.12	1.32	1.47	1.78	AVE
		0.90	1.00	1.00	1.00	1.20	1.35	1.45	1.65	1.80	2.00	MAX
	Tap	13.9	13.3	13.1	13.1	12.9	12.6	12.5	12.5	12.6	12.8	AVE
		14.1	13.5	13.4	13.4	13.3	13.2	13.2	13.2	13.3	13.4	MAX
	ISO	22	30	32	32	29	26	24.5	22	21	20	MIN
LHR116	Thru	0.76	0.93	0.84	0.85	0.98	1.15	1.13	1.31	1.41	1.65	AVE
		1.10	1.10	1.10	1.10	1.30	1.40	1.45	1.60	1.70	1.90	MAX
	Tap	17.3	16.5	16.2	16.2	15.8	15.5	15.4	15.4	15.5	15.6	AVE
		17.5	16.7	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	MAX
	ISO	24	36	36	36	28	26	25	24	23.5	23	MIN
RETURN LOSS		16	16	16	16	18	18	18	18	18	18	MIN

HUM MOD	Ave of 5, 10 and 50 MHz	Average of 300, 450, 550, 750 and 1000 MHz	
@ 10 Amperes	-75	-80	MIN
@ 12 Amperes	-70	-75	MIN
@ 15 Amperes	-65	-70	MIN
@ 20 Amperes	-55	-65	MIN

TEMP RANGE -40 to +60 °C

LHR100SPECSr1

All specifications subject to change without notice

MAR.17.2003

100 SERIES TEST LID AND TEST PROBE

Test Lid

- Part # 5-1294 comes complete with
- EMI Mesh Gasket
- 4 Stainless Steel Bolts
- Zamak Lid with
  (4 Ports – ⅜ X 32 UNEF B-2)

Test Probe

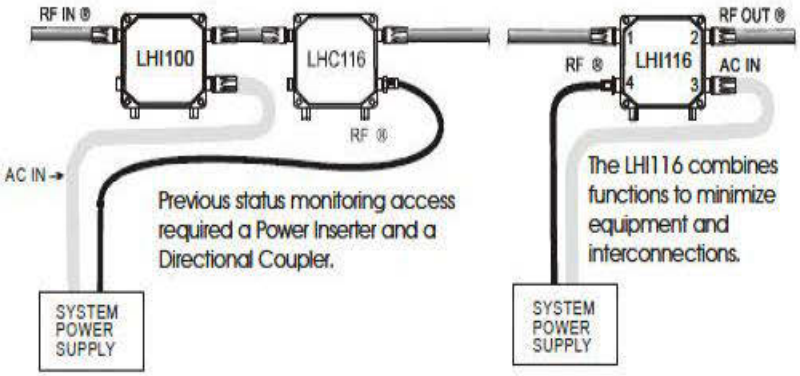
- Model LSO-7
- Insertion Loss .5 dB
- Return Loss 20 dB min
- Brass Body, Nickel Plated

Functions

- AC & RF Test
- Ingress Testing
- Reverse Signal Injections

Status Picker Inserter

- Lower loss
- Superior Hum Modulation and Return Loss
- Less Connectors
- Minimize pole clutter
- 50% labour to Install
- 40% Total Cost Savings
- OPTIONAL 30 Amp Input
- OPTIONAL Surge Clamp



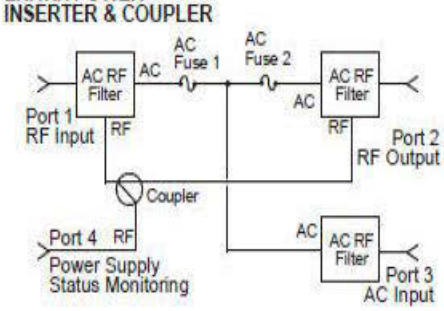
LHI108 8dB Status Picker/Power Inserter

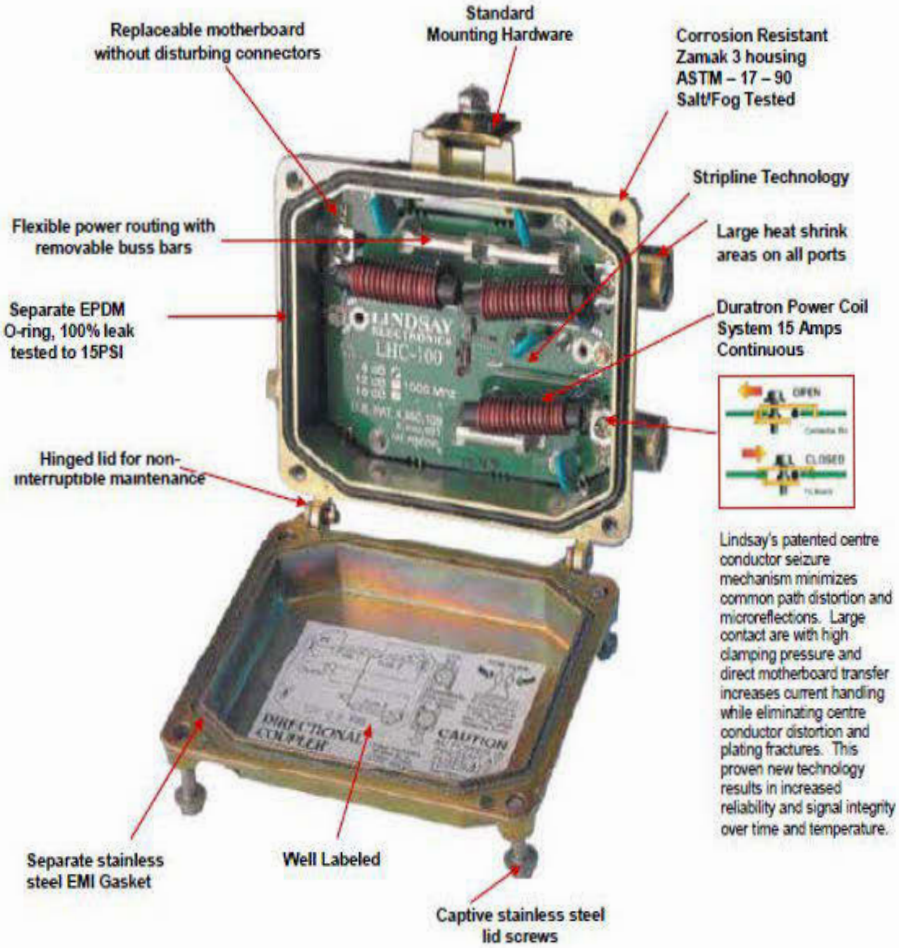
LHI112 12dB Status Picker/Power Inserter

LHI116 16dB Status Picker/Power Inserter

LHI120 20dB Status Picker/Power Inserter

LHI1XX POWER INSERTER & COUPLER



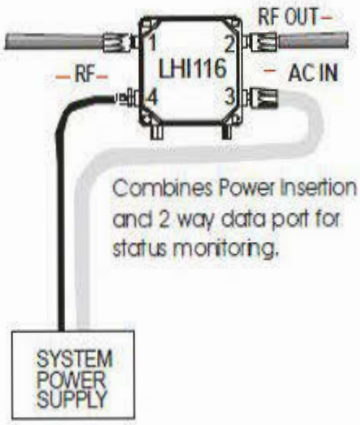


Lindsay's patented centre conductor seizure mechanism minimizes common path distortion and microreflections. Large contact are with high clamping pressure and direct motherboard transfer increases current handling while eliminating centre conductor distortion and plating fractures. This proven new technology results in increased reliability and signal integrity over time and temperature.

Lindsay Surge Clamp

Constant – Repetitive AC RMS S4070 device.....70 A Max.
Voltage (Forward & Reverse) AC RMS.....400 V Max.
Rate of "turn off" voltage.....1500 V/uSec.
Rate of "commutation" voltage (dv/dt).....40V/uSec.
Voltage Triggering range (before activated).....140-170 V AC.
Current (1 cycle) Non-Repetitive (60 Hz).....950 A Max.
Current (1 cycle) Non-Repetitive (50 Hz).....800 A Max.
Fuse action current (8.3 mSec).....3745 A^2Sec Max.

LHI-100 Application



Combines Power Insertion and 2 way data port for status monitoring.

Rapport-Gratuit.com