



ÉTUDE DE CAS

CENTRES
COMMERCIAUX :
CORRESPONDANCE
DES ACHETEURS
INTELLIGENTS
AVEC DES RÉSEAUX
INTELLIGENTS

par Vladan Jevremovic, PhD

Sortie le 30 novembre 2015

01. INTRODUCTION

Depuis le développement des centres commerciaux de banlieue aux États-Unis dans les années 1950, les centres commerciaux sont devenus le type de commerce de détail le plus populaire dans le monde. Les premiers centres commerciaux étaient à ciel ouvert, mais très vite, le besoin d'abriter les magasins et les clients des intempéries s'est fait sentir et le concept de centre commercial fermé est né. La figure 1 présente un exemple de centre commercial contemporain.



Figure 1 : Centre commercial contemporain typique

Certains centres commerciaux disposent de grandes fenêtres extérieures qui apportent beaucoup de lumière naturelle. Dans les centres commerciaux dont les murs extérieurs sont opaques, une ouverture vitrée dans le toit ("toit ouvrant") apporte de la lumière naturelle. Bien que certains centres commerciaux disposent d'une structure de stationnement à plusieurs niveaux, la plupart d'entre eux ne disposent que d'un parking en surface à ciel ouvert à côté du centre commercial, qui n'offre aucune protection contre les intempéries. À l'intérieur d'un centre commercial fermé, de petits magasins de détail sont disposés autour du périmètre, laissant la zone centrale ouverte à la circulation des piétons. La figure 2 présente un exemple d'architecture intérieure de centre commercial à "plan d'étage ouvert".

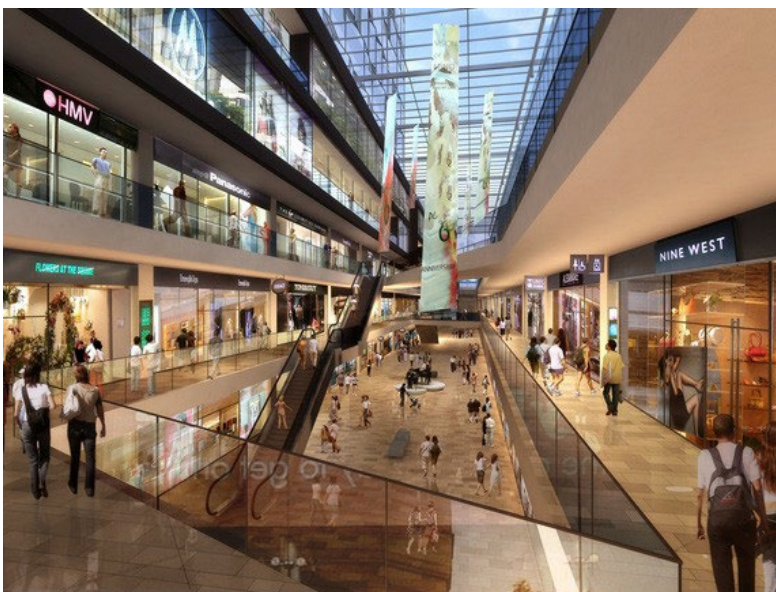


Figure 2 : Intérieur d'un centre commercial

Les centres commerciaux contemporains offrent plus que de simples possibilités de shopping. Nombre d'entre eux comprennent des restaurants et des bars, une aire de restauration, un cinéma, une salle de sport, une patinoire, etc. Les centres commerciaux servent aujourd'hui de point d'ancrage à la vie sociale dans les banlieues et les visiteurs considèrent la connectivité sans fil comme un aspect important de leur expérience dans le centre commercial. La direction du centre commercial en est consciente et considère donc qu'un réseau interne au bâtiment qui offre une couverture sans fil de qualité supérieure dans le centre commercial est une valeur ajoutée.

02. PROBLÈME

Dans cette étude de cas, notre centre commercial est une structure fermée de deux étages avec des murs extérieurs en béton et un toit en verre. Le centre commercial mesure 200 mètres de long et jusqu'à 60 mètres de large. Il compte trois grands magasins piliers, qui disposent également d'entrées séparées depuis le parking en plein air, et de nombreux petits magasins accessibles uniquement depuis l'intérieur du centre commercial. Le niveau supérieur offre une vue ouverte sur la circulation piétonne du niveau inférieur, comme le montre la figure 2. Une représentation tridimensionnelle du centre commercial est présentée à la figure 3.

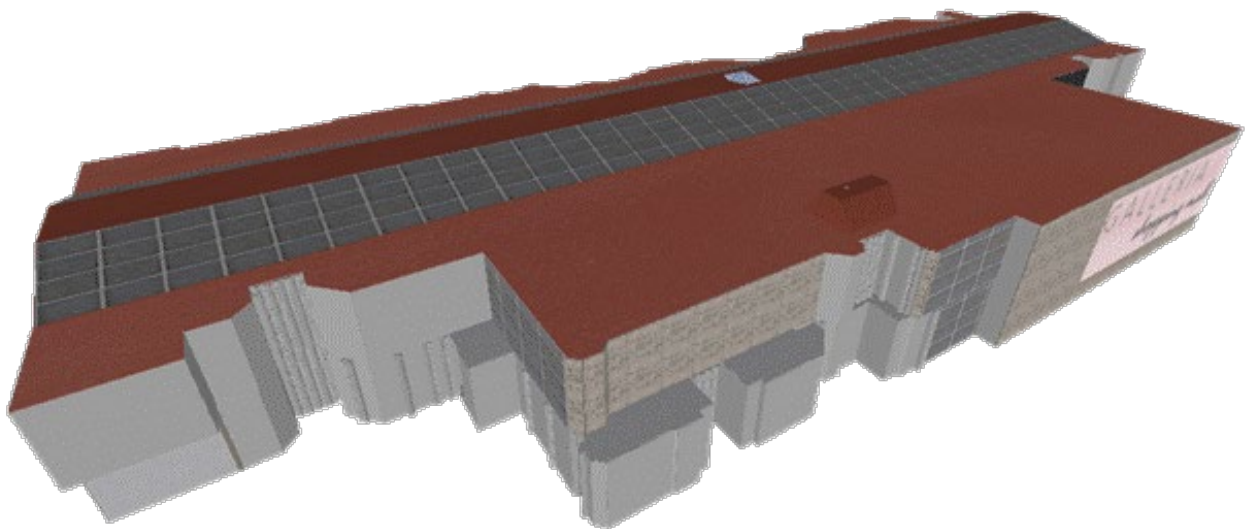


Figure 3 : Représentation tridimensionnelle du centre commercial

Bien que le parking reçoive un bon signal des macrocellules voisines, la direction du centre commercial a reçu de nombreuses plaintes concernant la couverture et la qualité du signal à l'intérieur du centre commercial. La direction du centre commercial souhaite installer un réseau sans fil intérieur qui améliorera l'expérience des clients à l'intérieur du centre commercial. Le réseau doit transmettre les signaux de trois grands fournisseurs de services sans fil (WSP) et des premiers intervenants (E911). L'installation d'un réseau Wi-Fi n'est pas nécessaire car un réseau Wi-Fi a déjà été installé. La direction ne souhaite pas que des antennes soient installées à l'intérieur des boutiques. Les antennes doivent être aussi petites et discrètes que possible afin de ne pas nuire à l'esthétique de l'intérieur du centre commercial. Les plans des deux niveaux sont présentés à la figure 4.

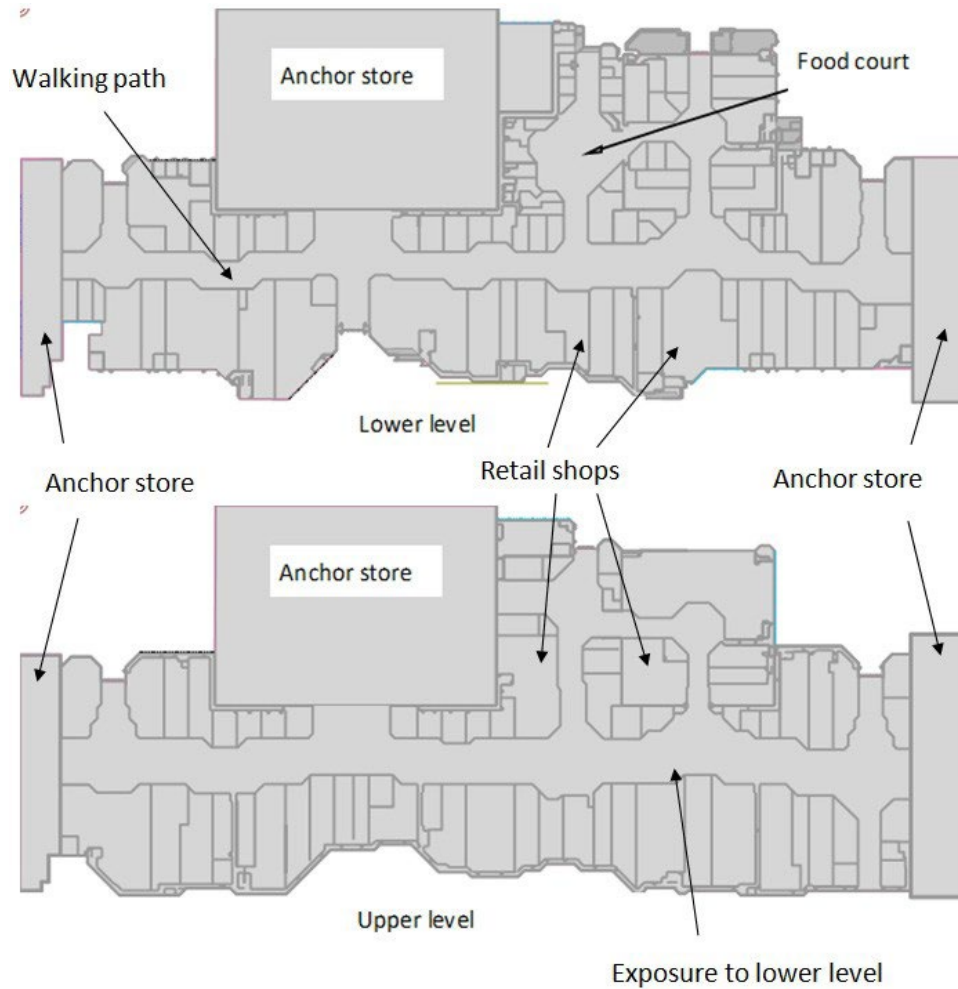


Figure 4 : Plans des étages inférieur et supérieur du centre commercial

03. EXIGENCES EN MATIÈRE DE CONCEPTION

Les exigences spécifiques en matière d'aménagement du site sont les suivantes :

3.1 Couverture RF

\ La couverture RF doit être assurée pour les technologies suivantes :

- i. UMTS
- ii. LTE
- iii. Radio à coffre

\ Les bandes de fréquences suivantes doivent être incluses dans le réseau :

- i. Bande SMR (800 MHz)
- ii. Bande cellulaire (850 MHz)
- iii. Bande PCS (1900 MHz)
- iv. Bande AWS (2100 MHz)

\ La couverture doit inclure des espaces communs et des magasins accessibles aux visiteurs du centre commercial sur les deux niveaux.

\ Le parking extérieur dispose déjà d'une couverture suffisante et n'a donc pas besoin d'être couvert par le réseau du bâtiment.

\ La force du signal cible est :

- i. UMTS CPICH = -85 dBm
- ii. RSRP LTE = -95 dBm
- iii. Radio à ressources partagées Rx = -95 dBm

\ Le centre commercial étant doté d'un toit ouvrant en verre, un signal macro résiduel peut être présent au milieu du centre commercial. Pour garantir la prédominance du signal à l'intérieur du bâtiment en présence d'un signal macro, le signal à l'intérieur du bâtiment doit être 5 à 7 dB plus fort que le signal macro résiduel.

\ Les transferts entre les réseaux internes aux bâtiments et les réseaux macro doivent être limités aux zones d'entrée des centres commerciaux.

\ Pour la radio à ressources partagées, la couverture doit être de 100 % dans tout le centre commercial, y compris dans les couloirs et les magasins ; pour les technologies cellulaires, la couverture visée est de 95 %.

\ Le signal à l'intérieur du bâtiment ne doit pas dépasser -100 dBm à une distance de 30 mètres à l'extérieur du centre commercial.

3.2 Restrictions concernant l'emplacement de l'antenne

\ Les antennes ne peuvent pas être placées à l'intérieur des magasins, y compris les magasins piliers.

\ Les PSM et les premiers intervenants doivent partager les antennes.

\ La direction du centre commercial exige que les antennes installées dans les parties communes soient aussi petites et discrètes que possible afin de ne pas perturber l'esthétique de l'intérieur du centre. Cette exigence ne s'applique pas aux couloirs, aux quais d'accès, aux monte-charges, etc.

04. SOLUTION

Comme le système doit inclure plusieurs technologies et bandes, le réseau à l'intérieur du bâtiment doit utiliser un système d'antennes distribuées (DAS) à hôte neutre. En raison de la proximité des antennes avec les clients et pour se conformer aux directives de l'ICNIRP concernant la limitation de l'exposition aux champs électromagnétiques variables dans le temps [1], il convient d'utiliser des unités distantes DAS de faible puissance. Dans ce contexte, on entend par faible puissance d'émission une puissance d'émission composite maximale de 24 dBm par amplificateur.

05. MEILLEURES PRATIQUES

5.1 CHOIX ET PLACEMENT DE L'ANTENNE

Deux exigences principales influencent le choix des antennes. La première est que les antennes peuvent être montées en affleurement contre le mur, mais doivent avoir un petit facteur de forme. Un bon choix pour ce type d'antenne est l'Andrew Cell-Max™ O-25 omnidirectionnelle, avec un gain de 0,85 dBd, une largeur de faisceau de 40 degrés dans le plan V et une largeur de faisceau de 360 degrés dans le plan H. Un exemple d'installation d'une antenne Andrew Cell-Max™ omnidirectionnelle est illustré à la figure 5.



Figure 5 : Antenne omnidirectionnelle Andrew Cell-Max™ devant un magasin de détail

Il peut arriver que la direction d'un centre commercial exige que les antennes intérieures soient totalement invisibles. Cette exigence peut être satisfaite en montant les antennes derrière le plafond, à l'aide d'un kit de montage derrière le plafond. Un exemple d'antenne pouvant être montée derrière le plafond est l'antenne omnidirectionnelle PEAR M4773 de Galtronics, illustrée à la figure 6.



Figure 6 : Galtronics PEAR M4773 avec kit de montage au-dessus du plafond

La deuxième exigence est que, bien que les magasins piliers soient exclus des exigences de couverture, un signal intérieur doit être présent à proximité de l'entrée du magasin, afin de faciliter le transfert avec le réseau macro. Pour répondre à cette exigence, une antenne directionnelle doit être installée dans la zone commune du centre commercial, à l'opposé du magasin pilier et orientée vers l'entrée du magasin. Un bon choix est l'antenne directionnelle Andrew Cell-Max™ D-25 avec un gain de 4,85 dBd, une largeur de faisceau dans le plan V de 60 degrés et une largeur de faisceau dans le plan H de 70 degrés. Un exemple d'installation de l'antenne directionnelle Andrew Cell-Max™ est illustré à la figure 7.



Figure 7 : Antenne directionnelle Andrew Cell-Max™ orientée vers un magasin d'ancrage

06. CONCEPTION DÉTAILLÉE DE LA COUVERTURE RF

6.1 CONCEPTION DE LA COUVERTURE DES SIGNAUX RF

Le plan de l'antenne DAS est présenté dans les figures 8 et 9.



Figure 8 : Emplacement des antennes DAS au niveau inférieur



Figure 9 : Emplacement des antennes DAS au niveau supérieur

L'emplacement des antennes directionnelles sur les deux niveaux est choisi pour maximiser la couverture à l'intérieur des magasins principaux, tout en respectant la stipulation selon laquelle les antennes doivent se trouver dans les zones communes. Des antennes omnidirectionnelles sont utilisées pour combler les trous de couverture et sont montées au ras du plafond devant les magasins plus petits. La couverture CPICH UMTS prévue est présentée dans les figures 10 et 11.

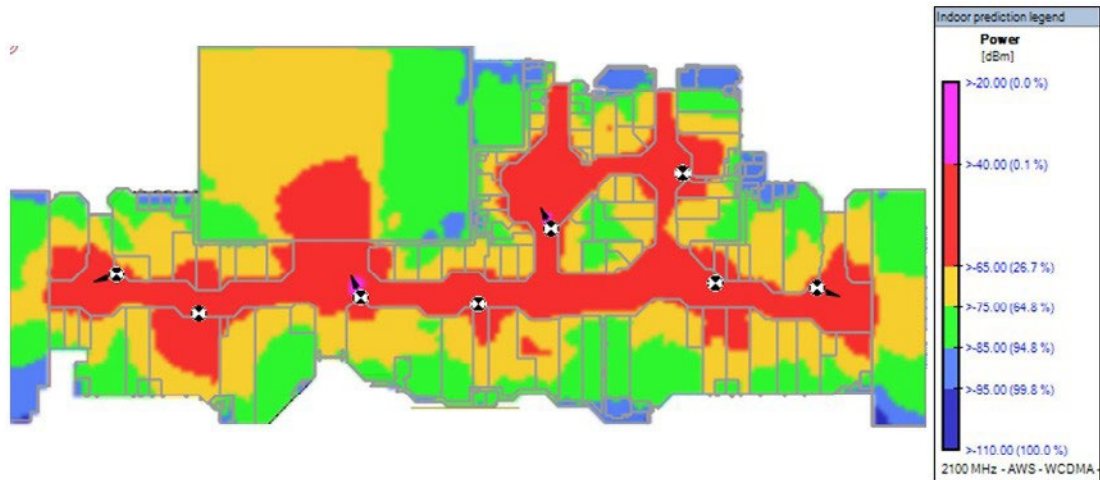


Figure 10 : Couverture du CPICH UMTS AWS au niveau inférieur

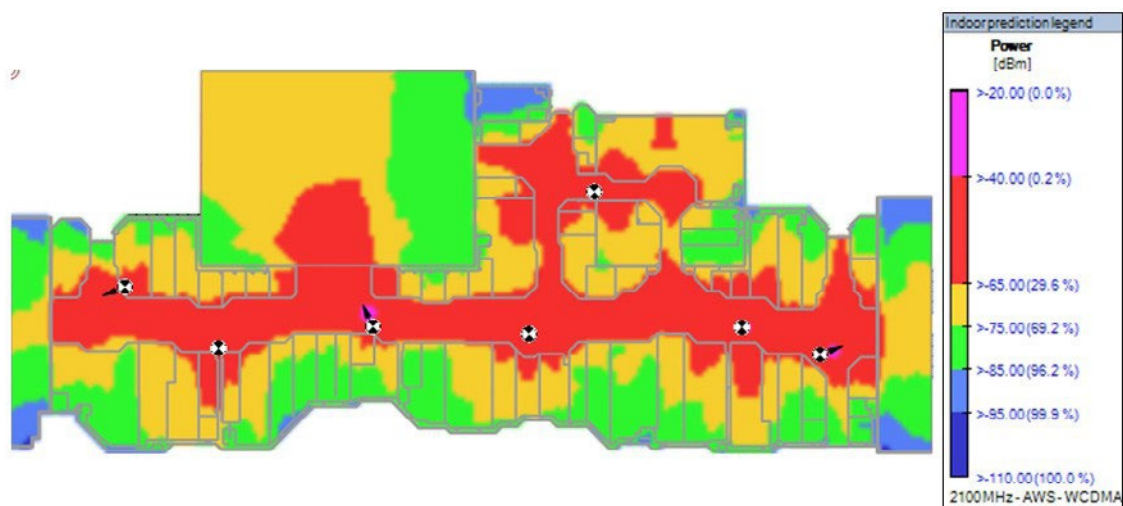


Figure 11 : Couverture du CPICH UMTS AWS au niveau supérieur

Selon la distribution cumulative des pourcentages indiquée dans la légende, le signal CPICH UMTS est supérieur à -85 dBm à 94,8 % du niveau inférieur et à 96,2 % du niveau supérieur. Nous pouvons conclure que plus de 95 % de la zone totale a un signal CPICH UMTS supérieur à -85 dBm, ce qui est conforme à l'objectif de conception de l'UMTS à la fréquence AWS.

La couverture RSRP de la LTE est présentée dans les figures 12 et 13.

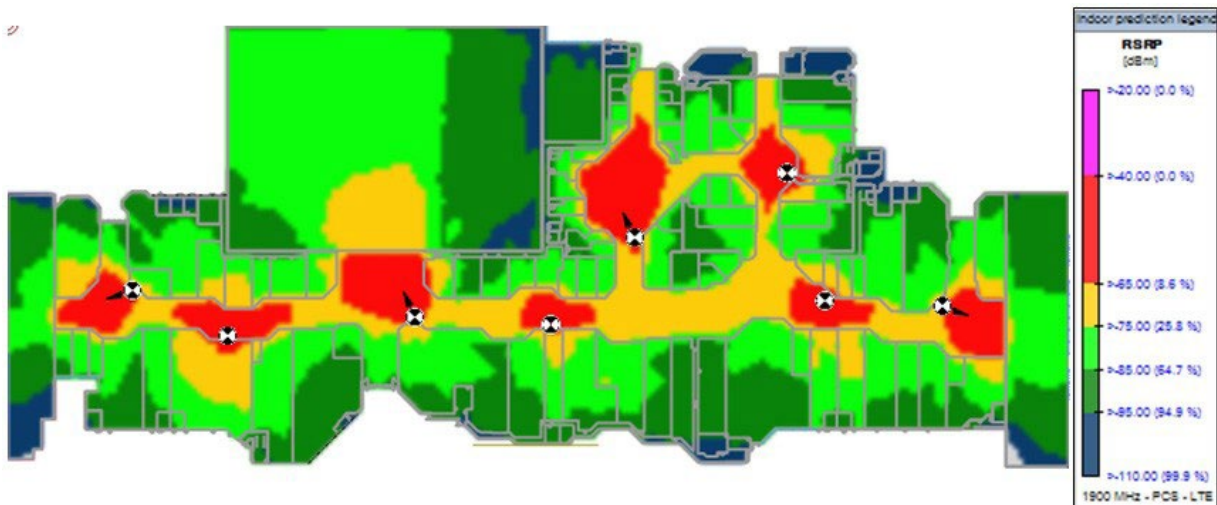


Figure 12 : Couverture RSRP PCS LTE au niveau inférieur

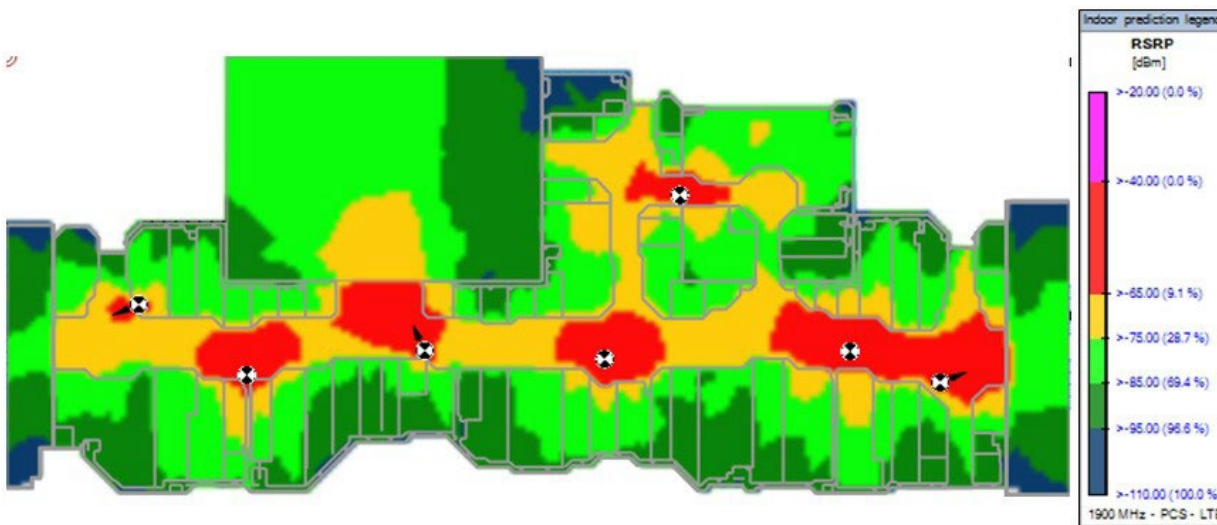


Figure 13 : Couverture RSRP PCS LTE au niveau supérieur

Le RSRP LTE est supérieur à -95 dBm à 94,9 % du niveau inférieur et à 96,6 % du niveau supérieur. Nous pouvons conclure que plus de 95 % de la zone totale a un signal RSRP LTE supérieur à -85 dBm, ce qui est conforme à l'objectif de conception à la fréquence PCS.

6.2 DIMENSIONNEMENT DES CAPACITÉS

Afin de dimensionner correctement le réseau à l'intérieur des bâtiments, il est nécessaire de déterminer le nombre de secteurs requis pour répondre aux besoins de capacité de chaque PSW. Le nombre de secteurs dépend du nombre de visiteurs pendant la période la plus chargée de la journée ("heure de pointe"), du profil de trafic mobile de chaque FSSF et du taux de pénétration des abonnés de chaque FSSF. Le taux de pénétration est la proportion d'abonnés du PSM parmi la population générale, exprimée en pourcentage.

Commençons par déterminer le nombre de visiteurs aux heures de pointe. Cette information peut être obtenue à partir d'une source publique en ligne, telle qu'un bulletin d'information de Travel and Leisure, qui répertorie le nombre annuel de visiteurs pour les centres commerciaux les plus fréquentés des États-Unis [2]. Cette information peut également être obtenue directement auprès de la direction du centre commercial. Dans le cas présent, nous supposons que 5 000 visiteurs se trouvent dans le centre commercial à l'heure de pointe. Nous supposons également que les trois WSP à inclure dans le réseau interne ont les exigences suivantes :

WSP A :

- \ Bande cellulaire, 2 canaux UMTS
- \ Bande de 700 MHz, canal LTE-FDD de 10 MHz
- \ Taux de pénétration de 40 % (2 000 abonnés)
 - o HSPA : 20% d'abonnés (400)
 - o LTE : 80 % d'abonnés (1 600)
 - o Voix : 20 % UMTS (400), 80 % VoLTE (1 600)

WSP B :

- \ Bande PCS, 2 canaux UMTS
- \ Canal 700 MHz, 10 MHz LTE-FDD
- \ Taux de pénétration de 35 % (1 750 abonnés)
 - o HSPA : 30% d'abonnés (525)
 - o LTE : 70 % d'abonnés (1 225)
 - o Voix : 30% UMTS (525), 70% VoLTE (1 225)

WSP C :

- \ Bande AWS, 2 canaux UMTS
- \ Bande PCS, canal LTE-FDD de 5 MHz
- \ Taux de pénétration de 20 % (1 000 abonnés)
 - o HSPA 25% d'abonnés (250)
 - o LTE 75% d'abonnés (750)
 - o Voix : 25% UMTS (250), 75% VoLTE (750)

Nous commençons par définir la distribution du trafic LTE par utilisateur sur le site. Le tableau 1 indique, pour chaque type de service, la durée de la connexion au réseau pendant l'heure de pointe, exprimée en milliErlangs (mE) par abonné, et le débit de données fixe en kbps. Il est important de noter qu'un abonné n'est pas limité à une tentative de type de service par heure de pointe ; au contraire, il est censé utiliser, ou tenter d'utiliser, tous les types de services énumérés.

Type de service	mE/ Utilisateur	kbps
VoLTE	33	50
Courriel	50	100
Navigation	100	200
Vidéo conf	50	600
Téléchargement des données	150	1000
Diffusion vidéo en continu	100	2000

Tableau 1 : Distribution du trafic de données au centre commercial pendant l'heure de pointe par type de service : Durée (milliErlangs par utilisateur), débit (kbps).

Contrairement à un stade, les abonnés d'un centre commercial ne sont pas gênés par le bruit excessif de la foule. De même, contrairement au métro, les abonnés ne se sentent pas obligés de rester silencieux dans un espace bondé. La diffusion vidéo, qui est généralement limitée dans les stades, est autorisée dans les centres commerciaux. Ces facteurs contribuent à allonger les temps de connexion moyens pour la voix et les données dans les centres commerciaux par rapport à n'importe quel autre lieu, ce qui fait du visiteur d'un centre commercial un plus gros utilisateur de données qu'un visiteur de n'importe quel autre lieu public.

6.2.1. EXEMPLE DE DIMENSIONNEMENT DE LA CAPACITÉ DE DONNÉES

La couverture HSPA et LTE SINR dans l'ensemble du centre commercial doit être décomposée en intervalles SINR sur la base du schéma de modulation et de codage (MCS) qui peut être obtenu dans chaque intervalle SINR. L'exemple du tableau 2 montre que dans la région où le rapport SINR du LTE PDSCH est de 20 dB ou plus, la modulation 64-QAM avec un taux de codage $R = 0,93$ est possible, ce qui donne une efficacité spectrale de 5,5 bit/s/Hz. Avec un SINR compris entre 15 et 20 dB, l'efficacité spectrale est de 3,9 bit/s/Hz ; avec un SINR compris entre 9 et 15 dB, l'efficacité spectrale est de 2,4 bit/s/Hz, etc.

Modulation	MCS efficacité	SINR
QPSK	1.18	3
16 QAM	2.40	9
64 QAM	3.90	15
64 QAM	5.55	20

Tableau 2 : Exemple LTE montrant la relation entre le schéma de modulation, l'efficacité MCS (bit/s/Hz) et le SINR (dB)

Le nombre de secteurs dans le centre commercial peut être estimé sur la base de la couverture SINR et du taux de blocage des appels pour chaque type de service. En général, pour un service IBS multisectoriel dans un centre commercial, il est raisonnable de supposer que la plage de $RSIN > 20$ dB couvre 25 à 35 % de la zone, tandis que les trois autres plages de RSIN sont réparties de manière à peu près égale. Le blocage d'appel est le pourcentage de connexions de données qui présentent un retard excessif. Le blocage d'appel acceptable est inférieur à 10 % pour les applications à faible débit telles que la voix, le courrier électronique et la navigation sur le web, et de l'ordre de 10 à 20 % pour les applications à débit élevé telles que le téléchargement de données et la vidéo. Le calcul de la sectorisation des sites est présenté dans le tableau 2.

Item	Symbol	Value	Unit	Comments
Number of mall visitors at busy hour	a	5,000	users	
Market share	b	40	%	For one operator
% of LTE subscribers	c	80	%	75% of 40% of 60,000
LTE subscribers	d	1,600		VoLTE, data
MIMO data rates	e			
64 QAM	e1	58.3	Mbps	Taken from MADR MIMO coverage map
% coverage	e2	30%		
64 QAM	e3	37.9	Mbps	
% coverage	e4	25%		
16 QAM	e5	21.2	Mbps	
% coverage	e6	25%		
QPSK	e7	8.8	Mbps	
% coverage	e8	20%		
Average MADR per sector	f	34.0	Mbps	$e1*e2+e3*e4+e5*e6+e7*e8$
VoLTE users usage	g			
connection duration	g1	33.3	mErlangs/user	Taken from user profile
data rate	g2	50	kbps	
call blocking	g3	1%		
Email users usage	g			
connection duration	g1	50	mErlangs/user	Taken from user profile
data rate	g2	100	kbps	
call blocking	g3	3%		
Web browsing usage	h			
connection duration	h1	100	mErlangs/user	Taken from user profile
data rate	h2	100	kbps	
call blocking	h3	4%		
Video conferencing	i			
connection duration	i1	50	mErlangs/user	Taken from user profile
data rate	i2	600	kbps	
call blocking	i3	8%		
Data download	j			
connection duration	j1	150	mErlangs/user	Taken from user profile
data rate	j2	1000	kbps	
call blocking	j3	10%		
Video streaming	k			
connection duration	k1	100	mErlangs/user	Taken from user profile
data rate	k2	2000	kbps	
call blocking	k3	20%		
Delay between consecutive data Tx	l	10	ms	A subscriber receives data once per frame
Transmission duration	m	1	ms	A subscriber data is in one subframe
duty cycle	n	40%		this is also called cell load
Required data throughput	o			
email	o1	1.9	Mb/s	$d*g1/1000*(1-g3)*g2/1000*m/l/n$
browsing	o2	3.8	Mb/s	$d*h1/1000*(1-h3)*h2/1000*m/l/n$
Video conferencing	o3	11.0	Mb/s	$d*i1/1000*(1-i3)*i2/1000*m/l/n$
Data download	o4	54.0	Mb/s	$d*j1/1000*(1-j3)*j2/1000*m/l/n$
Video streaming	o5	64.0	Mb/s	$d*k1/1000*(1-k3)*k2/1000*m/l/n$
Total data throughput at the mall	t	134.8	Mb/s	$o1+o2+o3+o4+o5$
Sectors required for total throughput	u	4.0		t/f
Number of sectors rounded	w	4.0		roundup (u)

Tableau 2 : Estimation du nombre de secteurs sur le site

Les calculs montrent que 4 secteurs sont nécessaires pour prendre en charge le service LTE pour le PSM A. Maintenant que nous savons où se trouvent les antennes IBS et combien de secteurs sont nécessaires, nous devons choisir comment connecter les antennes pour former un secteur. Il s'agit là d'une compétence essentielle, car une erreur dégradera la couverture SINR et réduira donc la couverture du débit de données maximal atteignable sur le site, ce que nous illustrerons par la suite.

Considérons deux plans de sectorisation : horizontal et en coin. Le plan de sectorisation horizontal regroupe les antennes de même niveau en un secteur, comme le montre la figure 14 :



Figure 14 : Option de sectorisation horizontale

Ce plan suppose qu'il existe une bonne isolation verticale du signal entre les étages. Cependant, la plupart des centres commerciaux ont une ouverture au milieu, de sorte qu'il est possible que la zone de marche commune au milieu ait une ligne de vue avec de nombreuses antennes aux deux étages, ce qui est contraire à l'hypothèse d'isolation que nous venons de faire.

La deuxième option de sectorisation regroupe les antennes sur un secteur "wedge", combinant les antennes de différents étages en un secteur, comme le montre la figure 15.



Figure 15 : Plan de sectorisation de Wedge

Ce plan suppose que le confinement du chevauchement vertical est plus critique que le confinement horizontal. C'est généralement le cas pour les centres commerciaux dont l'ouverture se trouve au milieu.

Examinons maintenant la couverture du débit maximal réalisable (MADR) pour les deux plans de sectorisation. La carte de couverture MADR a été calculée dans l'hypothèse de 2x2 MIMO. La figure 16 montre la couverture MADR pour la sectorisation horizontale.

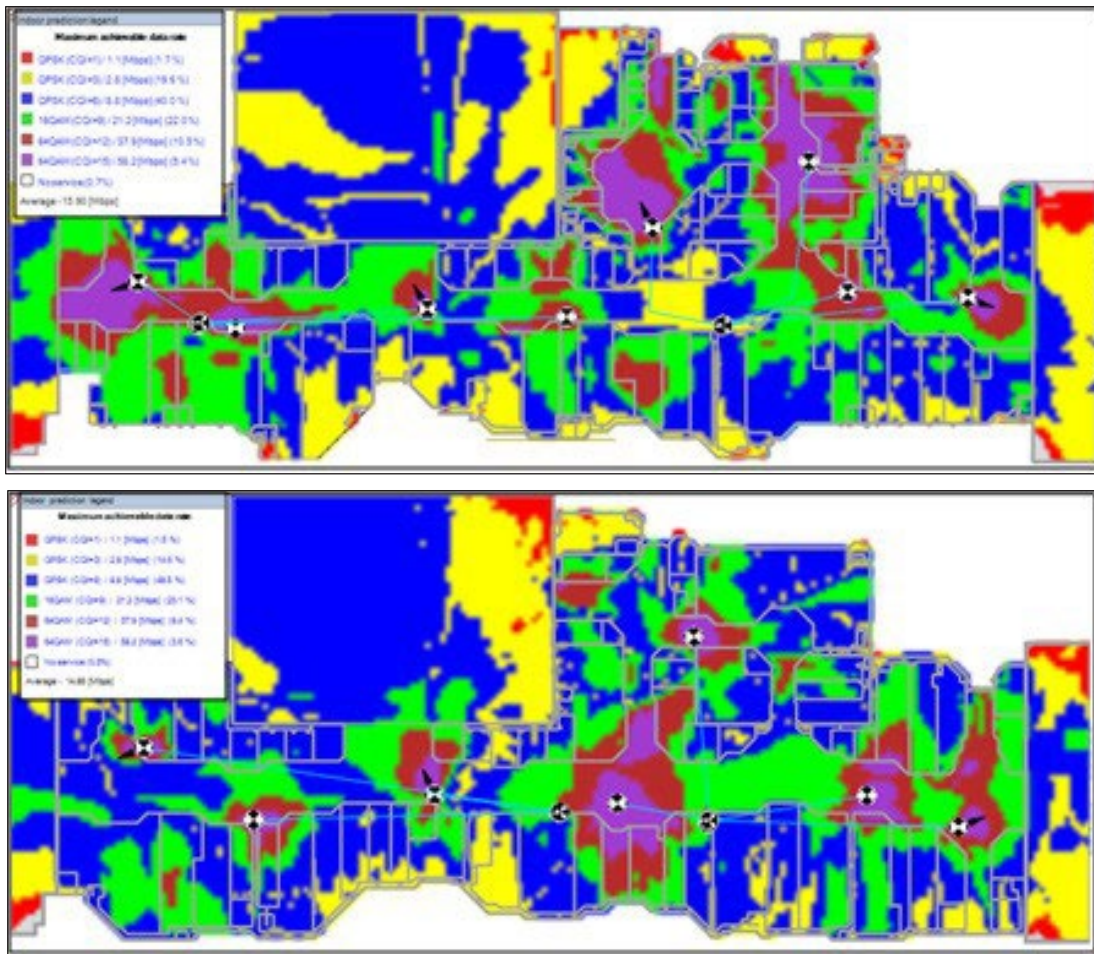


Figure 16 : Couverture MADR 2x2 MIMO pour le plan de sectorisation horizontale

Ce plan donne un MADR 2x2 MIMO moyen de 14,9 Mb/s au niveau 1 et de 15,9 Mb/s au niveau 2. Comme le débit maximal de 58 Mb/s n'est atteint que dans le voisinage immédiat d'une antenne, nous en concluons qu'il s'agit d'une couverture plutôt médiocre. Un examen plus approfondi de la couverture SINR (omis par souci de concision) confirme qu'un brouillage important au milieu du centre commercial dégrade le SINR et, par conséquent, le MADR. La conclusion est que la sectorisation horizontale n'est pas une très bonne option de sectorisation pour ce type de centre commercial.

La figure 17 montre la couverture MADR pour le plan de sectorisation en coin.

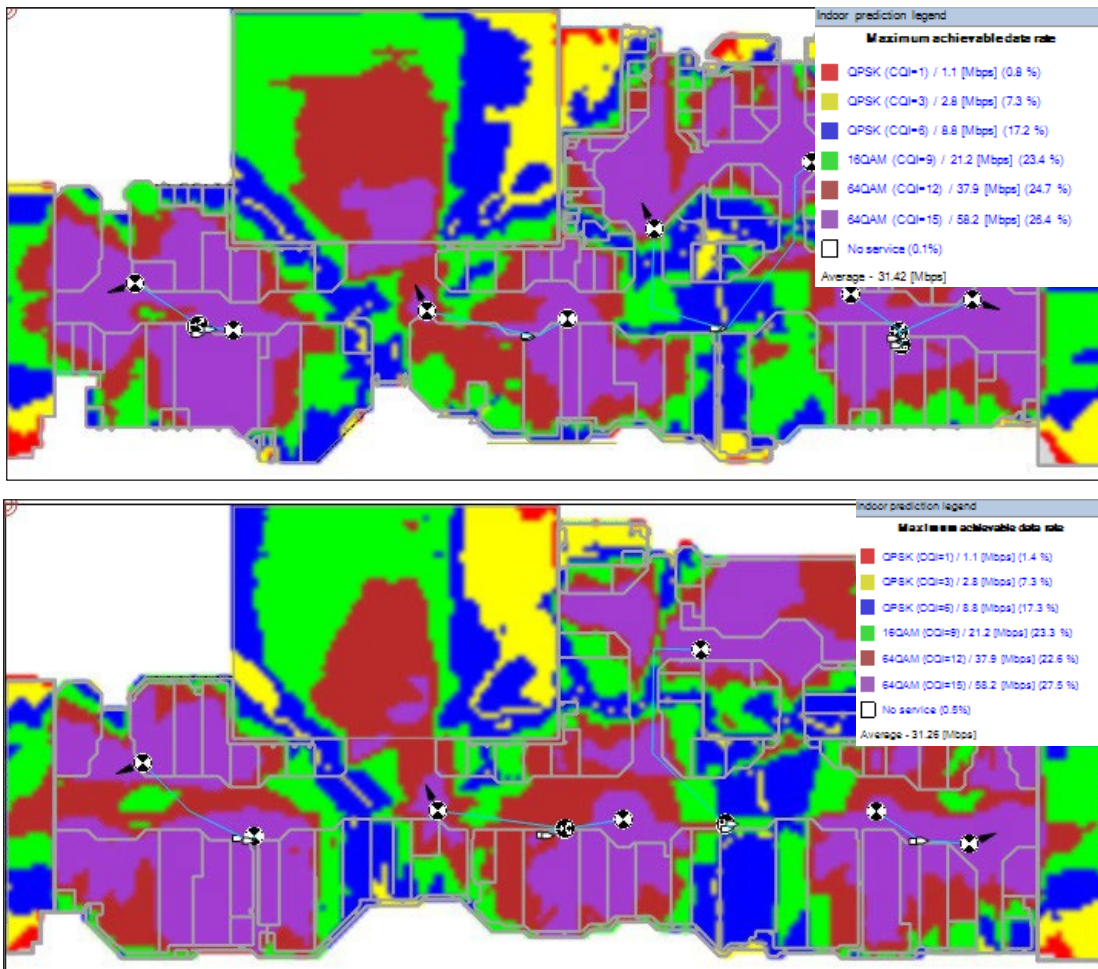


Figure 17 : Couverture MADR 2x2 MIMO pour la sectorisation en coin

Une brève inspection visuelle montre que le débit maximal, indiqué en violet, couvre une zone beaucoup plus grande lorsque la sectorisation en coin est déployée. Le MADR moyen le confirme, puisqu'il est de 31,2 Mb/s au niveau 1 et de 31,4 Mb/s au niveau 2. Ce débit est deux fois plus rapide que la sectorisation horizontale. Par conséquent, la sectorisation en coin est la méthode de sectorisation préférée pour ce type de centre commercial, avec une ouverture au milieu.

Un exemple détaillé de dimensionnement de la capacité de données est présenté dans l'étude de cas sur le stade ; par conséquent, dans la présente étude de cas, seules les étapes critiques sont décrites. On suppose une distribution uniforme des utilisateurs dans le centre commercial, ce qui signifie que le pourcentage d'utilisateurs dans une plage de RSIN donnée est le même que le pourcentage de couverture dans cette même plage. Dans le tableau 1, nous avons calculé que 4 secteurs sont nécessaires pour 1600 abonnés LTE pour le PSM A. La couverture SINR basée sur 4 secteurs de type wedge est illustrée à la figure 18 :

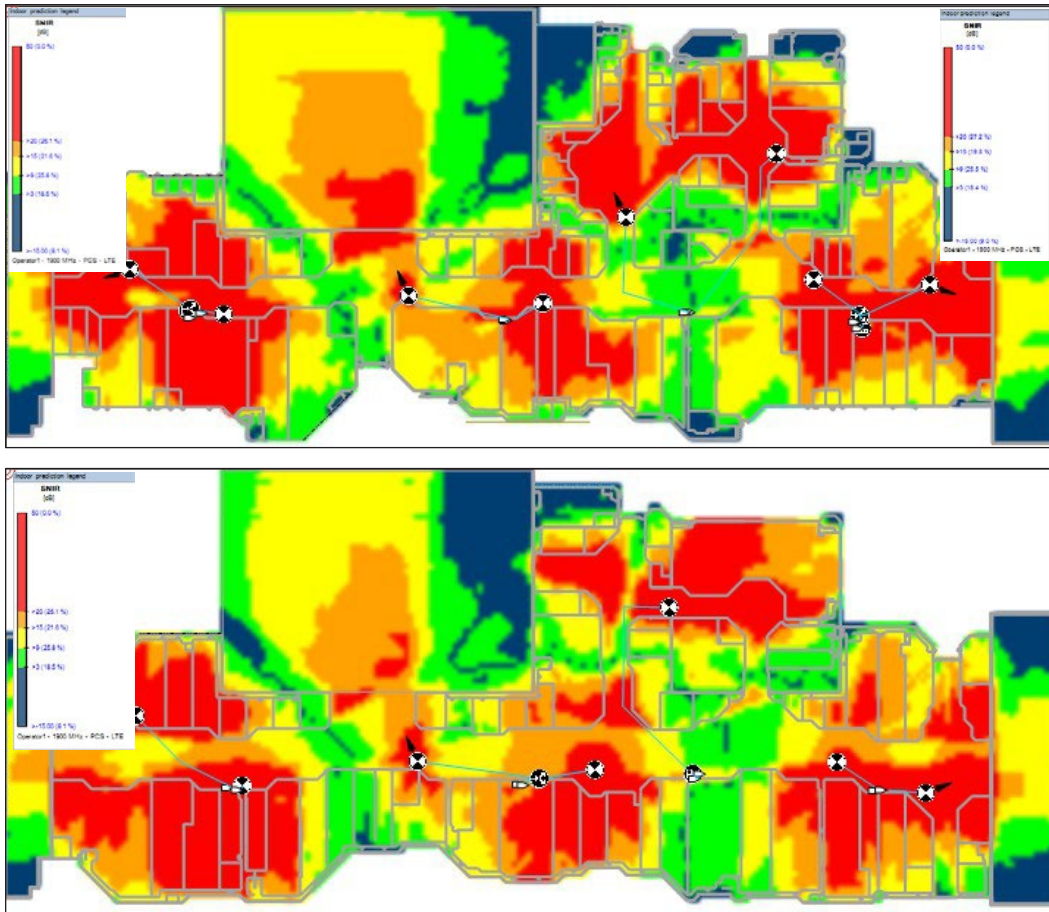


Figure 18 : Couverture SINR LTE

Sur la base du profil du trafic mobile et du nombre d'abonnés par secteur (400), le trafic total aux heures de pointe est calculé, les résultats étant présentés dans le tableau 4.

Métriques	Gamme 1	Gamme 2	Gamme 3	Gamme 4
SNIR	3	9	15	20
Distribution abonnés	19.0%	26.0%	21.0%	26.0%
	76	104	84	104
TRAFFIC DE DONNÉES DANS LES PAYS EN DÉVELOPPEMENT				
Métriques	Gamme 1	Gamme 2	Gamme 3	Gamme 4
VoLTE	2.5	3.4	2.8	3.4
courriels	3.8	5.2	4.2	5.2
navigation	7.6	10.4	8.4	10.4
conf vidéo	3.8	5.2	4.2	5.2
téléchargement de données	11.4	15.6	12.6	15.6
streaming vidéo	7.6	10.4	8.4	10.4

Tableau 4 : Trafic horaire de pointe LTE offert (erlangs) par type de service et plage de SINR, par secteur

Il convient de noter que le pourcentage de distribution n'est pas égal à 100 %. Cela s'explique par le fait que certaines zones des magasins d'ancrage ont une couverture SINR en dehors de la plage. C'est acceptable, car la couverture des magasins d'ancrage est "au mieux" et n'est donc pas garantie.

Pour chaque plage de SINR, nous calculons le nombre de blocs de ressources primaires nécessaires pour acheminer le service. Une fois que nous disposons de ces informations, nous calculons le taux de blocage rencontré conformément à la norme [3], par type de service et par plage de RSIN. Les résultats sont présentés dans le tableau 5.

Type de service	Gamme 1	Gamme 2	Gamme 3	Gamme 4
VoLTE	1.6%	1.6%	1.6%	1.6%
Emails	1.6%	1.6%	1.6%	1.6%
Navigation	3.3%	1.6%	1.6%	1.6%
Vidéo conf	6.6%	3.3%	3.3%	1.6%
Téléchargement des données	9.8%	4.9%	3.3%	3.3%
Diffusion vidéo en continu	19.5%	9.8%	6.6%	4.9%

Tableau 5 : Taux de blocage rencontré (%) par type de service et plage de SINR

Sur la base des informations figurant dans les tableaux 4 et 5, le trafic transporté par type de service et par plage de RSIN est calculé, les résultats étant présentés dans le tableau 6.

Type de service	Gamme 1	Gamme 2	Gamme 3	Gamme 4
Emails	3.7	5.1	4.1	5.1
Navigation	7.4	10.2	8.3	10.2
Vidéo conf	3.6	5.0	4.1	5.1
Téléchargement des données	10.3	14.8	12.2	15.1
Diffusion vidéo en continu	6.1	9.4	7.8	9.9

Tableau 6 : Trafic LTE en heure de pointe (erlangs) par type de service et plage de SINR, par secteur

Le taux composite de blocage des appels pour des services multiples est

défini comme suit : $(1 - \{ \text{trafic acheminé} / \text{trafic offert} \})$

Comme le trafic total transporté du tableau 6 est de 169,5 erlangs et que le trafic total offert du tableau 4 est de 177,7 erlangs, le taux de blocage composite est de 4,6 %. Le coefficient d'utilisation est défini comme le rapport entre le trafic transporté et le trafic maximal théorique lorsque toutes les ressources sont utilisées pendant une heure entière. Dans cet exemple, le coefficient d'utilisation est de 33,9 %. L'utilisation des données pendant l'heure de pointe est de 58,1 gigaoctets. Si ces valeurs sont jugées acceptables, nous concluons que le trafic WSP A LTE peut être acheminé par quatre secteurs LTE, supportant jusqu'à 1600 abonnés. Le même calcul est effectué pour la technologie HSPA, avec une conclusion similaire : quatre secteurs HSPA sont suffisants pour transporter le trafic HSPA pour le PSW A. Ceci complète les calculs de capacité pour le PSW A ; il reste à faire des calculs similaires pour le PSW B et le PSW C.

6.3 PLOTS DE COUVERTURE

Les diagrammes de couverture RSRP LTE, MADR 2X2 MIMO, SINR et 2X2 MIMO ont déjà été présentés dans les figures 12, 13, 17 et 18. Le diagramme de couverture critique supplémentaire est le diagramme du meilleur serveur, illustré à la figure 19.

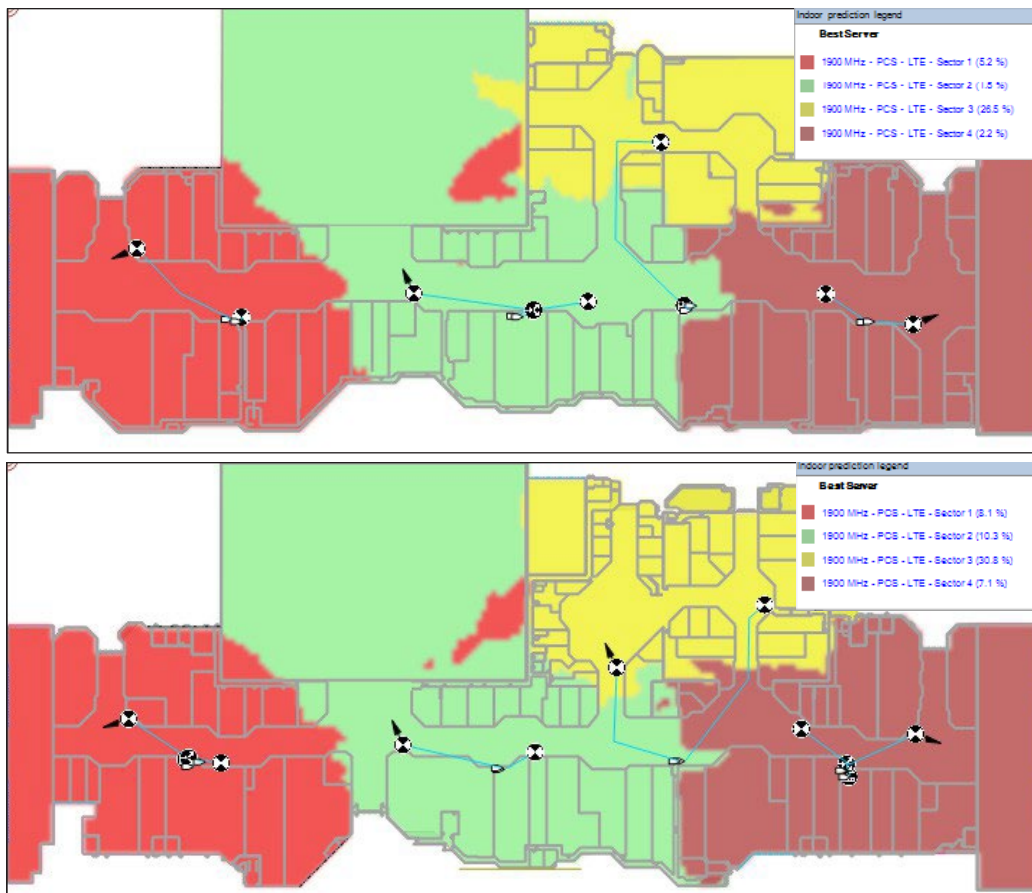


Figure 19 : Couverture du meilleur serveur LTE.

07. CONCLUSION

Un grand centre commercial de deux étages dispose d'une mauvaise couverture de signaux macro et a besoin d'un système sans fil dédié à l'intérieur du bâtiment. Le réseau d'immeuble doit comprendre trois PSF ainsi que le réseau des premiers intervenants (sécurité publique). Les trois PSF prennent en charge les technologies UMTS et LTE dans les bandes cellulaires, PCS et AWS, ce qui dicte l'utilisation d'un DAS à hôte neutre comme solution. Le centre commercial ayant deux niveaux, une modélisation tridimensionnelle du site est essentielle.

Les considérations esthétiques dictent la conception des DAS dans les centres commerciaux plus que dans tout autre type de lieu public. La direction d'un centre commercial exige généralement que les antennes ne soient pas installées à l'intérieur des magasins. Pour contourner cette restriction, des antennes directionnelles sont utilisées pour assurer une meilleure pénétration du signal à l'intérieur de tous les magasins. Les antennes doivent également être visuellement attrayantes et se fondre dans l'environnement. Les antennes Andrew Cell-Max™ O-25 et D-25 constituent un bon choix pour répondre à cette exigence. Comme le DAS doit desservir plusieurs secteurs de stations de base à l'intérieur des bâtiments, le plan de sectorisation doit être élaboré pour chaque opérateur. Le plan doit minimiser le chevauchement des secteurs DAS car les interférences sont les plus fortes le long des limites des secteurs. Dans cet exemple, un plan de sectorisation en coin est adopté car il minimise le chevauchement des secteurs sur les deux niveaux.

RÉFÉRENCES

1. Commission internationale de protection contre les rayonnements non ionisants (ICNIRP) : "ICNIRP Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)", publication de l'ICNIRP, 1998, tableau 7.
2. Yogerst, Joe : America's Most-Visited Shopping Malls, décembre 2011, <http://www.travelandleisure.com/articles/americas-most-visited-shopping-malls>
3. UIT-R, le secteur des radiocommunications de l'UIT, l'Union internationale des télécommunications, Recommandation UIT-R M.1768-1 (04/2013), "Méthodologie de calcul des besoins en spectre pour la composante de Terre des télécommunications mobiles internationales", UIT, avril 2013, http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.1768-1-201304-I!!PDF-E.pdf

À propos d'iBwave

iBwave développe des solutions pour aider les opérateurs sans fil, les intégrateurs de systèmes et les fabricants d'équipement, essentiellement tous ceux qui ont un intérêt dans le réseau, à apporter des communications sans fil de voix et de données solides et fiables à l'intérieur, de manière rentable. Nos clients s'efforcent d'exploiter pleinement la valeur des réseaux de voix et de données à l'intérieur, afin de générer des revenus et de satisfaire les abonnés. Nos logiciels et nos services professionnels sont utilisés par près de 700 opérateurs de télécommunications, intégrateurs de systèmes et fabricants d'équipements de premier plan dans 87 pays. Nous aidons nos clients à exploiter pleinement la valeur des réseaux sans fil de voix et de données, à accroître leur compétitivité en améliorant l'expérience de l'utilisateur, en réduisant le taux de désabonnement et en générant des revenus grâce aux applications de données afin de maintenir l'ARPU. Nos solutions de conception optimisent les dépenses d'investissement et permettent au réseau d'atteindre son plein potentiel. Notre équipe est composée d'ingénieurs en radiofréquences chevronnés, de visionnaires commerciaux et de gourous de la technologie, ainsi que d'un grand nombre de professionnels du service pour vous guider et vous soutenir. Nos dirigeants sont des vétérans de la technologie sans fil dans les bâtiments, dont la vision permet à l'entreprise de rester à la pointe du progrès dans ce domaine.