



LIVRE BLANC

CAMPUS
D'AFFAIRES:
CONNECTER LE
SIÈGE DE
L'ENTREPRISE

par Vladan Jevremovic
Publié en avril 2015

01. INTRODUCTION

Les immeubles de bureaux sont des lieux très divers. Ils varient en termes d'agencement, de taille et de nombre d'étages. Les immeubles de bureaux sont souvent regroupés au sein d'un campus d'entreprises. Un campus d'affaires typique est constitué d'un ensemble d'immeubles de bureaux à plusieurs niveaux situés à l'écart des voies publiques. Très souvent, un campus d'entreprises a un seul locataire qui utilise le campus comme siège social. La figure 1 présente un exemple de campus d'entreprises composé de deux bâtiments.



Figure 1 : Un grand campus d'entreprises avec deux immeubles de bureaux

Les campus d'entreprises à locataires multiples sont moins courants. Dans un campus à locataires multiples, le réseau interne est le plus souvent construit au coup par coup pour chaque locataire ou bâtiment, au lieu d'être déployé en une seule fois sur l'ensemble du campus. Ce n'est pas la méthode préférée pour déployer un réseau, car elle prend du temps et est donc plus coûteuse.

02. PROBLÈME

Dans le cas qui nous intéresse, le campus d'entreprises se compose de deux bâtiments. Le plus grand bâtiment a une section rectangulaire de 80 mètres sur 20 mètres et dix étages. Le plus petit bâtiment a une section rectangulaire de 60 mètres sur 17 mètres et six étages. Chaque étage a une hauteur de 3 mètres. Les bâtiments sont distants de 30 mètres l'un de l'autre et se trouvent directement en face l'un de l'autre. Une représentation tridimensionnelle du site est présentée à la figure 2.

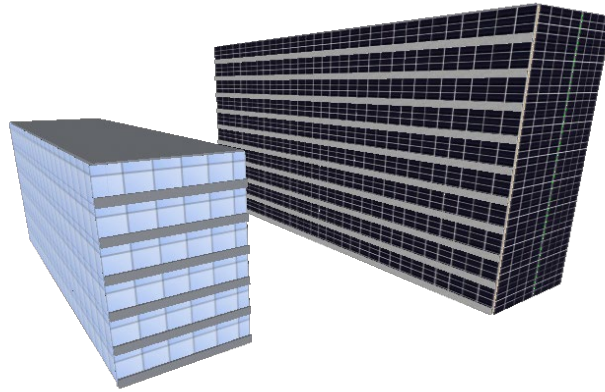


Figure 2 : Représentation tridimensionnelle du campus d'affaires du livre blanc

Les deux bâtiments ont un locataire unique qui a besoin d'une bonne couverture voix et données dans les deux bâtiments. L'entreprise ayant adopté une politique de "bring your own device to work", les employés utilisent leurs propres téléphones intelligents à des fins professionnelles, pour lesquels ils sont remboursés mensuellement par l'entreprise. Afin d'assurer une bonne couverture pour tous, tous les principaux fournisseurs de services sans fil (WSP) doivent être inclus dans le réseau.

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 :
 - UMTS
 - LTE
 - Radio à ressources partagées (sécurité publique)
- La couverture doit comprendre les escaliers et quatre ascenseurs ("cabines") dans deux cages d'ascenseur.
- Le niveau de signal cible de l'In-Building Wireless (IBW) doit être supérieur de 5 à 7 dB au signal macro résiduel pour tous les WSP, afin de garantir la prédominance de l'IBW dans les deux bâtiments.
- Il est préférable de mesurer la couverture macro résiduelle à tous les étages. Toutefois, s'il n'est pas possible d'effectuer une étude RF détaillée à tous les étages, la couverture peut être estimée en ajoutant 1 à 2 dB par étage [1]. Cette approximation ne s'applique qu'aux étages dont la hauteur est inférieure à celle des sites macro voisins. Pour les étages supérieurs à la hauteur des sites macro voisins, la couverture macro résiduelle n'augmente pas de manière significative avec la hauteur de l'étage.
- La force minimale du signal est UMTS CPICH = -85 dBm, LTE RSRP = -95 dBm et Trunked Radio Rx = -95 dBm, et peut être ajustée en fonction de la couverture macro résiduelle.

3.2 Gestion des transferts

- Établir une zone de transfert claire entre le macro-réseau et le réseau interne du bâtiment dans les zones où le trafic est le plus important (hall d'entrée, entrée du parking, etc.).
- Une fois qu'un utilisateur s'est déconnecté du macro-réseau, il doit rester sur le réseau du bâtiment pendant toute la durée de son séjour dans le bâtiment.

- Le nombre de passages d'un secteur à l'autre du bâtiment doit être réduit au minimum. Si les secteurs sont conçus horizontalement, les seuls endroits où un transfert peut avoir lieu sont les cages d'escalier ou l'intérieur des ascenseurs. Les transferts dans les cages d'escalier sont autorisés parce que les utilisateurs se déplacent à la vitesse d'un piéton, ce qui laisse beaucoup de temps pour effectuer le transfert. Il n'est pas souhaitable d'autoriser les transferts dans un ascenseur en mouvement, car les ascenseurs se déplacent généralement trop vite pour que les transferts puissent s'effectuer. La figure 3 montre une coupe transversale du bâtiment le plus élevé avec les deux cages d'ascenseur, les antennes directionnelles (triangles rouges) et trois secteurs à l'intérieur du bâtiment, chacun étant représenté par une couleur différente.

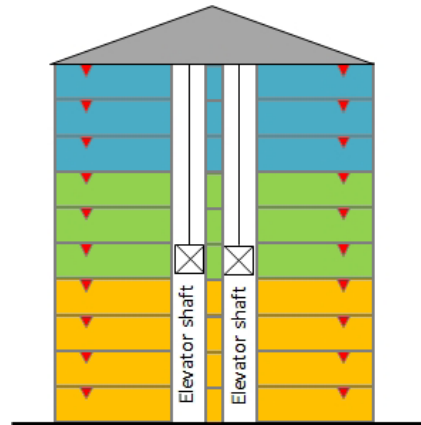


Figure 3 : Coupe transversale du bâtiment le plus haut avec deux cages d'ascenseur

- Chaque cage d'ascenseur contient deux cabines (marquées d'un "X"). Seule une cabine par gaine est visible sur la figure 3 car les ascenseurs sont côte à côte dans la gaine. La zone étroite entre les gaines est la zone des bancs d'ascenseurs. Le signal au niveau des bancs d'ascenseurs n'est pas assez puissant pour pénétrer dans les gaines, et cette absence de couverture est représentée par la couleur de fond blanche dans les gaines. Le problème de la couverture dans les ascenseurs est abordé plus en détail au point 5.2.

3.3 Gestion des interférences

- Pour minimiser les interférences entre le réseau macro et le réseau interne du bâtiment, de nombreux fournisseurs de services Internet exigent que le niveau du signal IBW tombe à une valeur donnée à une distance donnée à l'extérieur du bâtiment. C'est ce qu'on appelle la "fuite de signal". Un exemple de fuite de signal à l'extérieur d'un bâtiment est illustré à la figure 4.

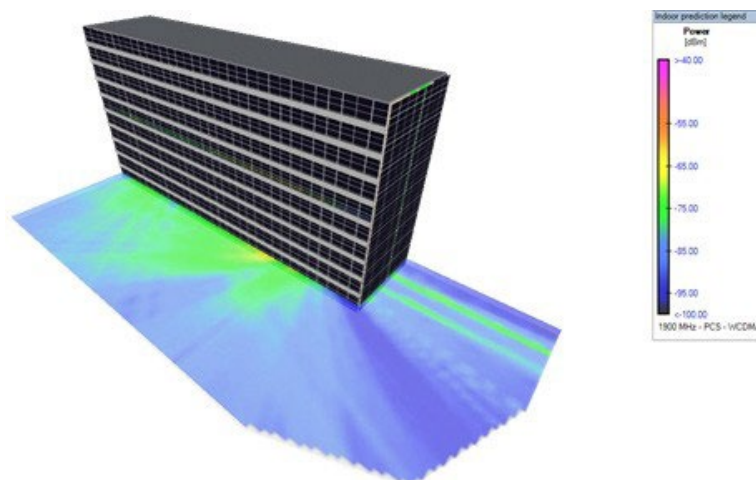


Figure 4 : Exemple de fuite de signal à partir d'antennes situées au rez-de-chaussée

- De nombreux immeubles de bureaux sont dotés de grandes fenêtres panoramiques qui présentent une faible perte de pénétration (moins de 5 dB), ce qui rend difficile le respect de l'exigence susmentionnée.
- Le confinement des signaux à l'intérieur des bâtiments est particulièrement important dans un environnement de campus, car les bâtiments peuvent être proches les uns des autres. Le chevauchement de la couverture d'un bâtiment à l'autre peut entraîner des interférences excessives, une réduction de la capacité et du débit de données.
- Pour ce projet particulier, le CPICH UMTS à une distance de 30 mètres de l'extérieur de chaque bâtiment doit être
LTE RSRP doit être inférieur ou égal à -90 dBm, LTE RSRP doit être inférieur ou égal à -100 dBm, et Trunked Radio Rx doit être inférieur ou égal à -100 dBm.

Dans les sections suivantes, nous expliquons comment concevoir un réseau IBW pour répondre aux exigences courantes. Nous identifions également quelques erreurs de conception courantes.

04. SOLUTION

Comme les petites cellules hôtes neutres ne sont pas encore commercialement viables, la meilleure solution est un système d'antennes distribuées (DAS). Dans le bâtiment le plus court, le DAS est alimenté par un secteur radio à ressources partagées, un secteur UMTS et deux secteurs LTE. Le bâtiment plus haut dispose d'un secteur radio à ressources partagées, de deux secteurs UMTS et de trois secteurs LTE. Les détails des calculs de capacité sont omis par souci de concision.

La sécurité publique (PS) a des exigences technologiques, réglementaires et juridictionnelles supplémentaires résumées dans [2]. Les PS et les WSP peuvent être déployés dans un DAS convergent, ou deux DAS distincts peuvent être construits, l'un pour les PS et l'autre pour tous les WSP. La décision de déployer une architecture DAS convergente ou distincte doit être prise en fonction de la PIRE, des bandes de fréquences et des technologies déployées.

05. MEILLEURES PRATIQUES

5.1 Contrôle des interférences

Les antennes DAS à l'intérieur des bâtiments sont le plus souvent des antennes omnidirectionnelles. Un choix très populaire est l'Andrew Cell- Max™ O-25 qui a un gain de 0,85 dBd et une largeur de faisceau dans le plan V de 40 degrés. Comme pour toutes les antennes omnidirectionnelles, la largeur de faisceau dans le plan H est de 360 degrés et le rapport avant-arrière est de 0 dB. L'utilisation de cette antenne permet d'obtenir la couverture RF illustrée à la figure 5.



Figure 5 : Couverture RF à l'intérieur d'un bâtiment à l'aide de petites cellules omnidirectionnelles

Le niveau de signal est supérieur à -85 dBm sur 97,6 % du plan d'étage. Cette couverture peut sembler acceptable à première vue. Cependant, l'exigence de couverture RF inclut également la fuite du signal à l'extérieur des bâtiments. Examinons les fuites RF lorsque des antennes omnidirectionnelles sont utilisées (figure 6). L'emplacement des antennes au rez-de-chaussée est indiqué par les flèches rouges.

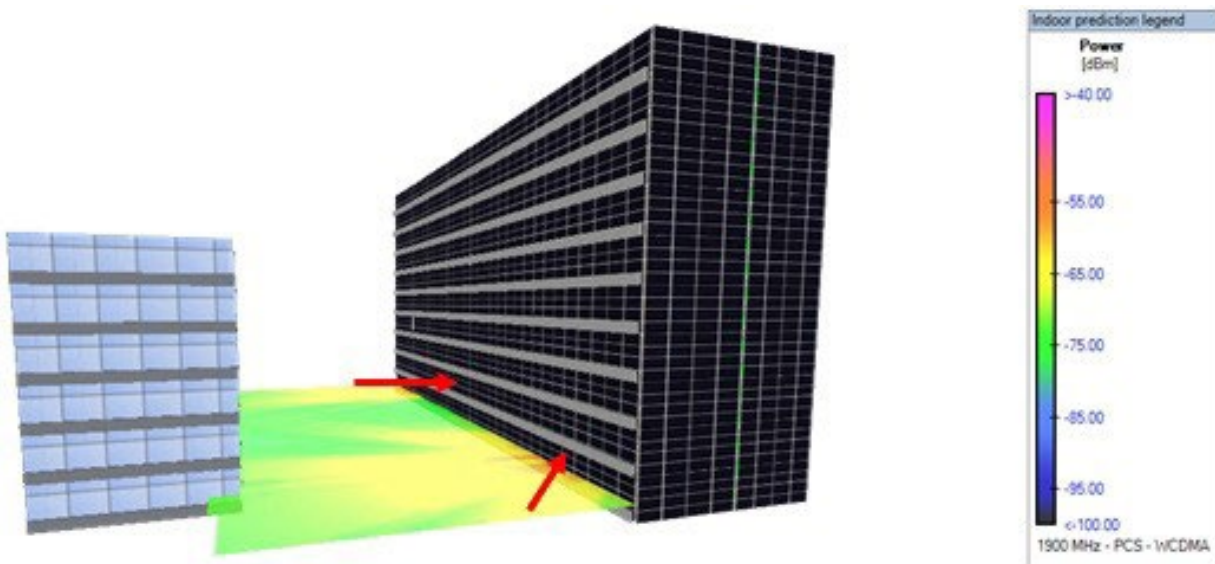


Figure 6 : Fuites RF à l'intérieur du bâtiment à partir de deux antennes situées au rez-de-chaussée (flèches rouges)

Le signal RF n'est pas bien contenu à l'intérieur du bâtiment ; le niveau du signal UMTS juste à l'extérieur du plus petit bâtiment est d'environ -75 dBm. Comme les deux bâtiments sont distants de 30 mètres, il est clair que l'exigence selon laquelle le signal fuyant doit être limité à -90 dBm n'est pas satisfaite.

La solution consiste à utiliser des antennes directionnelles. Un choix très populaire est l'antenne directionnelle Andrew Cell-Max™ D-25 à polarisation en V qui a un gain de 4,85 dBd, une largeur de faisceau dans le plan H de 70 dB, une largeur de faisceau dans le plan V de 60 dB et un rapport avant-arrière de 20 dB. Cette antenne peut être montée verticalement contre un mur ou une colonne. La figure 7 montre le résultat de la

Couverture RF, avec une flèche pointant dans la direction du lobe principal de chaque antenne.

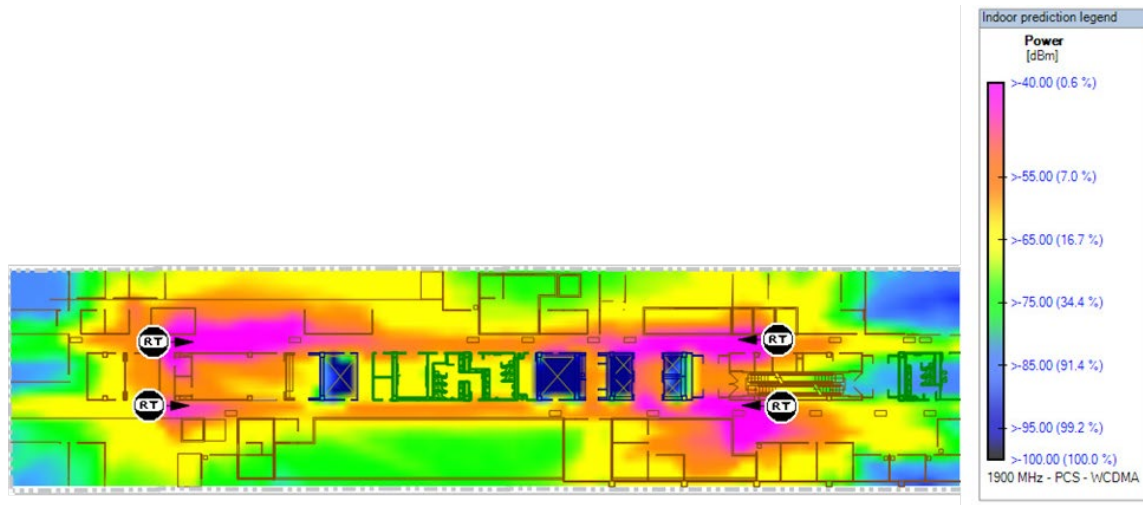


Figure 7 : Couverture RF avec les antennes directionnelles Andrew Cell-Max™ D-25

L'utilisation d'antennes directionnelles a permis de réduire la couverture RF à 91,4 %. Cependant, la couverture sur les bords est également réduite, ce qui permet de supprimer les fuites de radiofréquences. La majeure partie de l'énergie est dirigée vers le milieu, la direction dans laquelle les antennes sont orientées. Un bon rapport avant-arrière garantit que l'énergie provenant des lobes latéraux est faible, ce qui réduit encore les fuites.

La figure 8 montre une vue tridimensionnelle de la couverture entre les bâtiments.

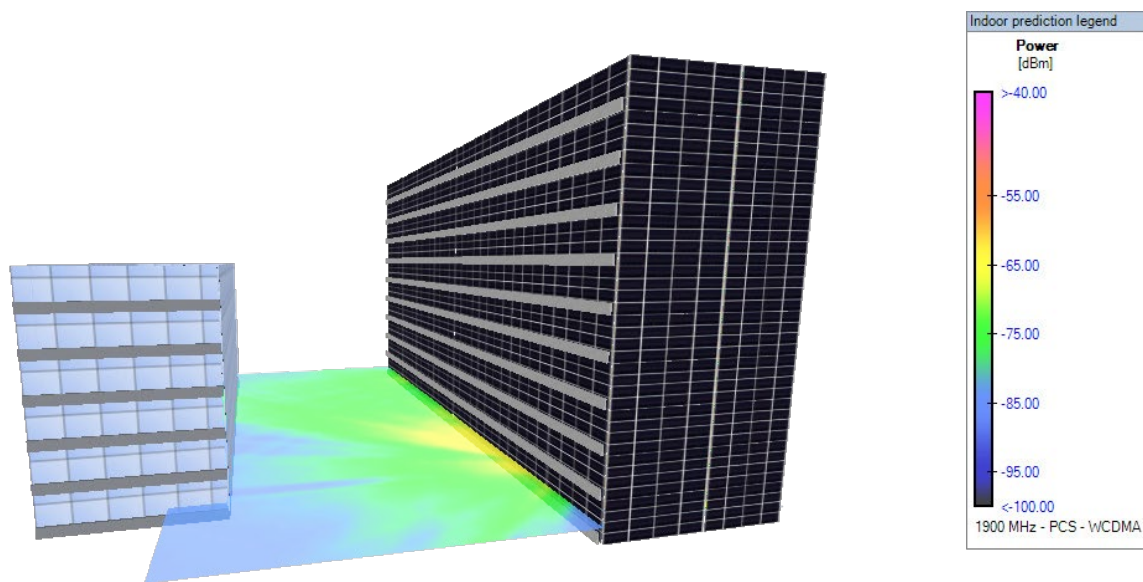


Figure 8 : Fuite de couverture RF à l'intérieur d'un bâtiment avec des antennes directionnelles

La couverture RF fuyante est de 10 à 15 dB inférieure à celle obtenue avec les antennes omnidirectionnelles. Il s'agit d'une réduction significative qui montre que les antennes directionnelles peuvent contribuer au contrôle des interférences.

5.2 Couverture de l'ascenseur

Un autre aspect important de la conception est la fourniture d'une couverture à l'intérieur des ascenseurs. Comme le montrent les

Dans la couverture RF à l'intérieur du bâtiment présentée dans les figures 5 et 7, il n'y a pas de couverture RF dans les cages d'ascenseur en raison de l'affaiblissement de pénétration élevé des portes d'ascenseur. La figure 3 présente une coupe verticale très simplifiée du bâtiment montrant une couverture RF à l'intérieur du bâtiment à trois secteurs avec deux cages d'ascenseur sans couverture.

La solution la plus simple pour assurer la couverture requise peut sembler consister à ajouter des antennes omnidirectionnelles à chaque étage, au niveau des cabines d'ascenseurs. Cela permettrait d'étendre la couverture de chaque secteur à la cage d'ascenseur, comme le montre la figure 9, où les antennes omnidirectionnelles sont représentées par des points rouges. Toutefois, l'application de cette solution augmenterait le risque d'appels perdus dans les ascenseurs en mouvement. Un transfert prend 2 à 3 secondes, et l'équipement utilisateur (UE) qui va du secteur 1 (étages inférieurs) directement au secteur 3 (étages supérieurs) n'aurait pas assez de temps pour exécuter le transfert du secteur 1 (jaune) au secteur 2 (vert) et ensuite au secteur 3 (bleu) ; les appels seraient interrompus.

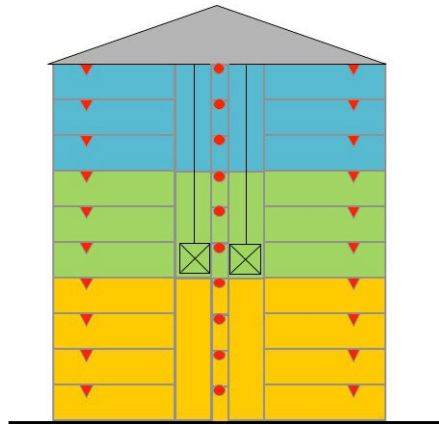


Figure 9 : Couverture des ascenseurs à l'aide d'antennes omnidirectionnelles sur les bancs d'ascenseurs

Une autre solution consiste à placer des équipements RF à l'intérieur des ascenseurs et/ou des cages d'ascenseur. L'avantage évident de cette approche est que la couverture ne dépend pas de la pénétration du signal à travers les portes métalliques. L'inconvénient est que certaines municipalités d'Amérique du Nord n'autorisent aucun équipement électronique à l'intérieur des cages d'ascenseur en raison des risques d'incendie. Il existe plusieurs types de solutions de couverture avec des appareils électroniques à l'intérieur de la gaine. L'une d'elles, comme le montre la figure 10, consiste à placer une antenne intérieure dans l'ascenseur, reliée à un DAS au moyen d'un câble. Dans ce cas, le transfert ne peut avoir lieu que lorsque l'ascenseur est arrêté et que des passagers y entrent ou en sortent, ce qui réduit considérablement le risque de perte d'appel. Cependant, l'antenne doit être reliée à une unité distante DAS par un câble, ce qui rend ce type de solution peu pratique dans les bâtiments à plusieurs étages.

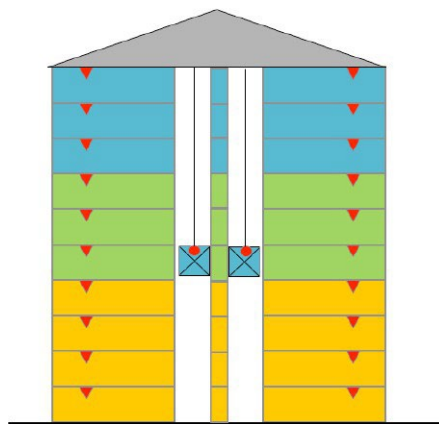


Figure 10 : Solution de couverture pour les ascenseurs : Antenne câblée à l'intérieur de chaque ascenseur

Une autre solution, illustrée à la figure 11, consiste à placer une antenne DAS directionnelle au sommet de la cage d'ascenseur, pointant vers le bas de la cage. Une antenne directionnelle donneuse est placée au sommet de chaque ascenseur, pointant vers le haut en direction de l'antenne DAS. L'antenne donneuse est reliée par un câble de liaison à une antenne de desserte omnidirectionnelle située à l'intérieur de l'ascenseur. La paire d'antennes utilisée dans chaque ascenseur est un système de répéteur purement passif.

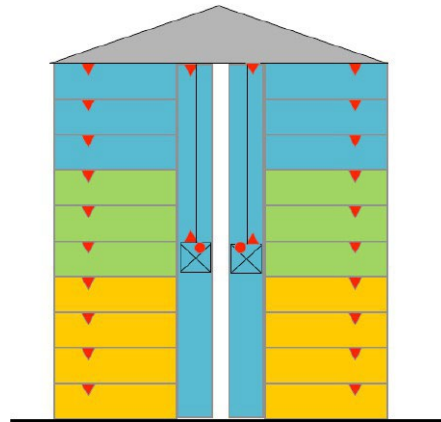


Figure 11 : Solution pour la couverture des ascenseurs : Répéteur passif à chaque ascenseur

Si l'antenne DAS a une CPICH EIRP de 20 dBm, et si le signal cible à l'intérieur de chaque ascenseur est de -85 dBm à un mètre de l'antenne de desserte, l'affaiblissement maximal sur le trajet est de $20+85=105$ dB. Le gain d'antenne typique est de 7 dBi pour les antennes directionnelles et de 3 dBi pour les omnidirectionnelles, tandis qu'une perte de 1 dB est typique pour un câble de liaison RF de 1 mètre. Il est intéressant de calculer la distance maximale entre l'antenne située au sommet de la cage et l'ascenseur. Quelques calculs simples d'affaiblissement sur le trajet en espace libre à 2,1 GHz, prenant également en compte le gain de 8 dB dû à l'effet de guide d'ondes à l'intérieur de la gaine [3], montrent que la distance maximale est d'environ 115 mètres.

Si la gaine est plus longue que 115 mètres, une autre antenne DAS peut être montée au bas de la gaine, pointant vers le haut. Cette antenne envoie un signal qui est capté par une autre antenne donneuse directionnelle située au bas de l'ascenseur, pointant vers le bas de la cage. Cette antenne donneuse située au bas de chaque ascenseur est connectée à la même antenne de desserte à l'intérieur de l'ascenseur. Pour assurer un transfert correct, il faut tenir compte du chevauchement de la couverture RF entre les deux antennes DAS dans la gaine. En règle générale, le chevauchement représente 10 à 15 % de la portée de l'antenne. Avec un chevauchement de 15 %, la distance maximale entre les antennes DAS du haut et du bas est de $(2 \times 115) - (2 \times 15) = 200$ mètres.

Une autre solution possible consiste à installer un câble rayonnant sur toute la longueur de l'arbre. Cette approche offre une couverture plus uniforme que l'utilisation d'une antenne directionnelle DAS. En fonction de la longueur de la gaine et de l'atténuation du câble par mètre, le signal peut être suffisamment puissant pour pénétrer dans l'ascenseur, ce qui rend le répéteur passif inutile. Cette solution est illustrée à la figure 12, où le câble rayonnant est représenté par une ligne noire continue entre l'ascenseur et le banc d'ascenseur.

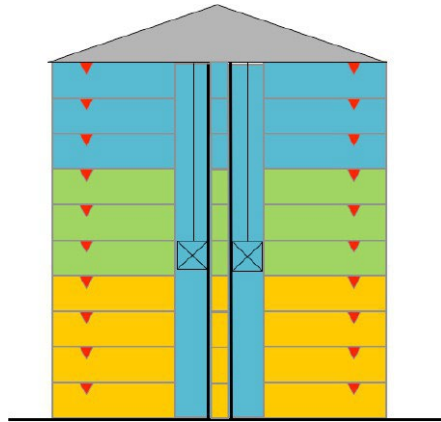


Figure 12 : Solution de couverture pour les ascenseurs : Câble rayonnant dans la gaine

06. CONCEPTION DÉTAILLÉE DE LA COUVERTURE RF

Pour représenter correctement la couverture RF sur le site, les fuites de couverture des deux bâtiments dans la zone entre les bâtiments doivent être incluses dans l'analyse de la couverture au niveau du rez-de-chaussée. Un exemple de couverture RSRP LTE au niveau du sol est présenté dans les figures 13 et 14.

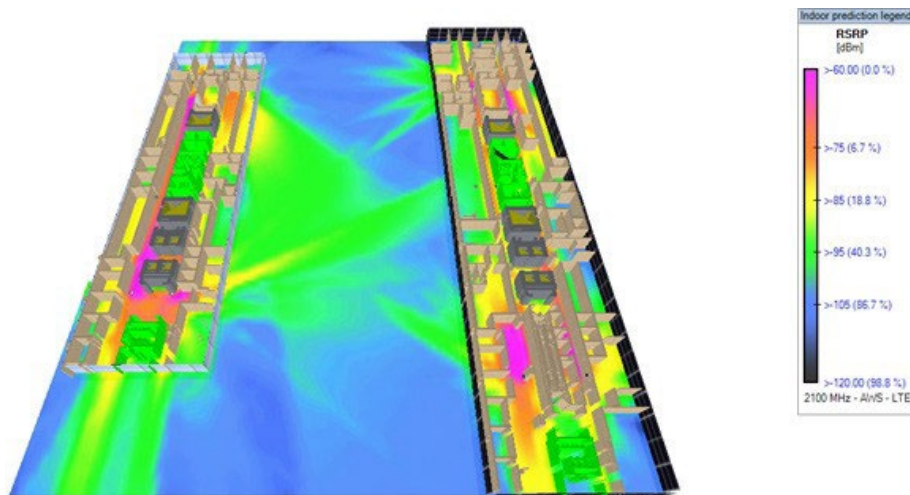


Figure 13 : Couverture LTE RSRP à l'intérieur et entre les bâtiments

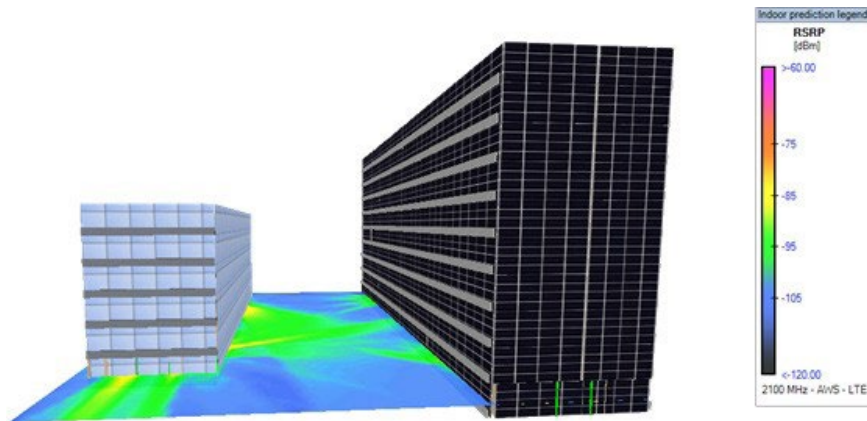


Figure 14 : Représentation 3D complète de la couverture LTE RSRP entre les bâtiments

Pour l'UMTS, la couverture du signal pilote (CPICH) et la couverture E_c/I_0 sont intéressantes. Comme le signal du même secteur est multidiffusé au même étage, l' E_c/I_0 est très uniforme car il n'y a pas d'interférence entre les secteurs. Le signal provenant de l'autre bâtiment interfère car il appartient à un secteur différent. Le résultat est illustré à la figure 15.

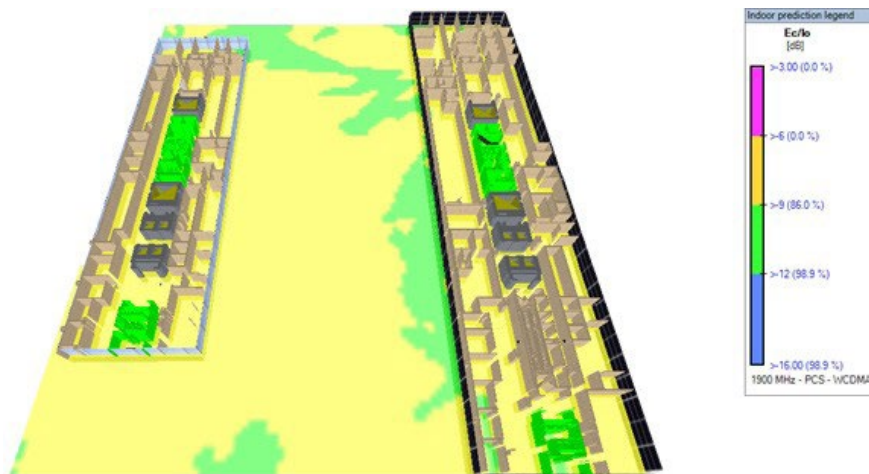


Figure 15 : Couverture UMTS E_c/I_0 à l'intérieur et entre les bâtiments

Le rapport SINR et la couverture du débit maximal réalisable (MADR) sont également intéressants. Comme dans le cas de l'UMTS E_c/I_0 , la diffusion simultanée d'antennes élimine les interférences entre les antennes situées au même étage, ce qui entraîne un SINR élevé. Toutefois, le signal provenant de l'autre bâtiment interfère et entraîne un faible rapport SINR entre les deux bâtiments, comme le montre la figure 16.

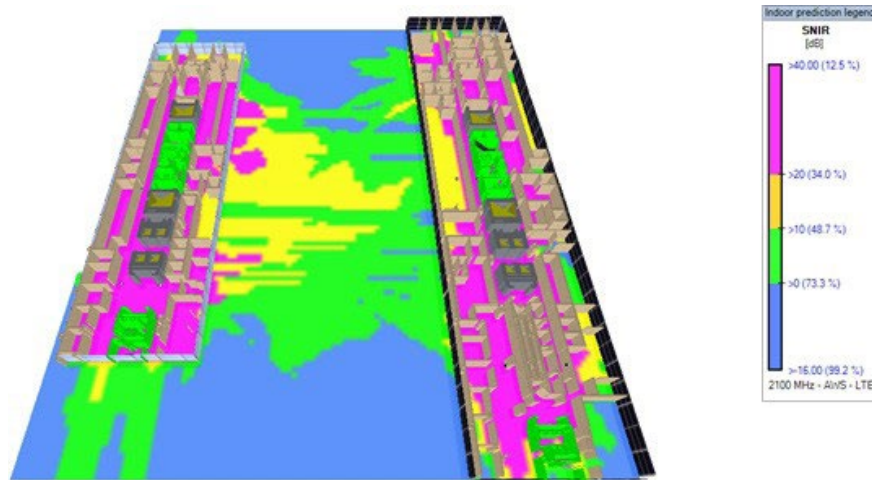


Figure 16 : Couverture LTE SINR à l'intérieur et entre les bâtiments

Une bonne couverture SINR signifie également que la MADR est très élevée à l'intérieur des bâtiments. La figure 17 illustre le MADR d'un SISO LTE de 10 MHz.

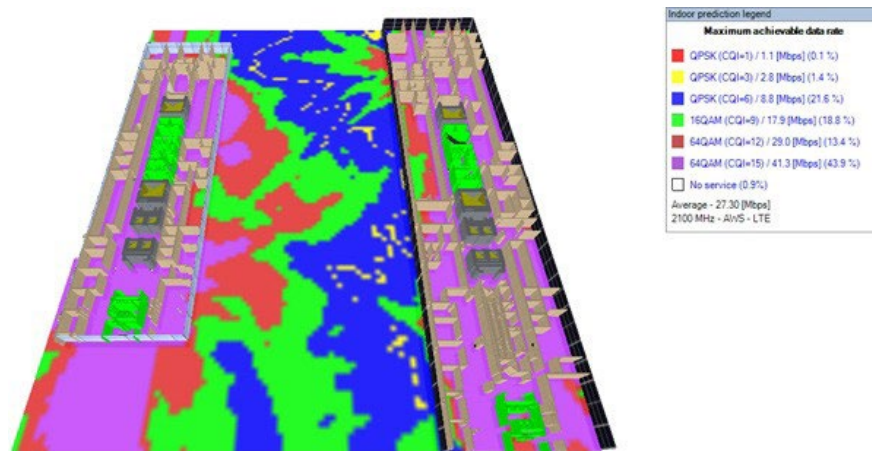


Figure 17 : Couverture LTE MADR à l'intérieur et entre les bâtiments

07. CONCLUSION

Une couverture à l'intérieur du bâtiment est nécessaire dans un campus d'entreprises avec un seul locataire qui occupe deux bâtiments. Le locataire a adopté une politique consistant à "apporter son propre appareil au travail", de sorte que tous les principaux fournisseurs d'accès à Internet doivent être inclus dans le système. Les premiers intervenants (sécurité publique) doivent également être inclus. Compte tenu de la nécessité d'inclure plusieurs technologies et plusieurs bandes de fréquences, le choix s'est porté sur un DAS à hôte neutre. Pour modéliser correctement la couverture, une modélisation tridimensionnelle du site est essentielle. En raison de la proximité des bâtiments, le chevauchement de la couverture d'un bâtiment à l'autre doit être pris en compte. Au cours du processus de conception, il faut veiller à contenir autant que possible le signal RF à l'intérieur des bâtiments. Le meilleur moyen d'y parvenir est de choisir des antennes directionnelles plutôt qu'omnidirectionnelles. La couverture doit souvent être assurée dans les cages d'escalier et les ascenseurs. Les ascenseurs représentent un défi particulier dans les municipalités qui interdisent les équipements électroniques à l'intérieur des cages d'ascenseur en raison des risques d'incendie. Lorsque ces équipements sont autorisés, la solution la plus efficace est le câble rayonnant ou une combinaison d'une antenne DAS dans chaque cage et d'un répéteur passif dans chaque ascenseur.

RÉFÉRENCES

1. Martijn, E.F.T. et Herben, M.H.A.J. : "Characterization of radio wave propagation into buildings at 1800 MHz", IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, Volume 2, pages 122-125, 2003.
2. John. Spindler : "Public Safety and Cellular DAS : Converged or Discrete ?", Antenna System and Technology, 7 avril 2015 (<http://www.antennasonline.com/main/blogs/public-safety-and-cellular-das-converged-or-discrete/>)
3. Tolstrup, Morten : "Indoor Radio Planning : Un guide pratique pour GSM, DCS, UMTS et HSPA", Wiley, 2008

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 tentent d'exploiter pleinement la valeur des réseaux de voix et de données à l'intérieur des bâtiments, 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 83 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 à l'intérieur des bâtiments 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.

www.ibwave.com