



LIVRE BLANC

# 7 FACTEURS CLÉS À PRENDRE EN CONSIDÉRATION LORS DE LA CONCEPTION DE RÉSEAUX Wi-Fi

par Vladan Jevremovic, PhD

## TABLE DES MATIÈRES

---

<b>01. INTRODUCTION .....</b>	<b>3</b>
<b>02. LES PRINCIPALES CONSIDÉRATIONS RELATIVES À LA CONCEPTION DU RÉSEAU.....</b>	<b>3</b>
2.2 CONTRÔLE DE LA COUVERTURE AP .....	4
2.2.1 Mauvaise adéquation entre la puissance de l'AP et celle du client.....	4
2.2.2 Chevauchement des canaux RF.....	4
2.2.3 Nœuds cachés.....	6
2.3 LE CAS D'UTILISATION DOMINANT .....	7
2.4 MARCHÉS VERTICAUX .....	8
2.4.1 Enseignement/Salle de classe .....	8
2.4.2 Entrepôt/Fabrication .....	8
2.4.3 Vente au détail .....	9
2.4.4 Santé .....	9
2.4.5 Stades.....	9
2.5 GESTION DES INTERFÉRENCES.....	10
2.6 DIRECTION DE LA BANDE RF.....	10
2.7 PLANIFICATION DES CAPACITÉS.....	11
2.8 DIFFÉRENCES ENTRE LA CONCEPTION DU RÉSEAU DAS ET DU RÉSEAU Wi-Fi.....	13
2.8.1 Accès multiple à détection de porteuse avec prévention des collisions (CSMA/CA).....	13
2.8.2 Plan de réutilisation des canaux RF.....	13
2.8.3 Interférences RF.....	14
2.8.4 Bruit ambiant (de fond).....	14
2.8.5 KPIs cibles pour la conception RF.....	14
2.8.6 Nœuds cachés.....	14
2.8.7 Anciens débits de données.....	14
2.8.8 Itinérance de couche 3.....	14
2.8.9 Alimentation par Ethernet (PoE) .....	15
2.8.10 Réseau de collecte.....	15
<b>03. CONCLUSION .....</b>	<b>15</b>
<b>04. REMERCIEMENTS.....</b>	<b>15</b>
<b>À propos d'iBwave .....</b>	<b>16</b>

## 01. INTRODUCTION

Par le passé, la conception d'un réseau Wi-Fi se résumait à placer des points d'accès (PA) dans les salles de conférence et les salles de pause, offrant ainsi des îlots isolés de couverture Wi-Fi dans les zones de convergence. À l'ère des smartphones et des tablettes, l'utilisation des données est devenue si importante et les cas d'utilisation si diversifiés que la conception d'un réseau Wi-Fi nécessite une réflexion stratégique. Ce livre blanc aborde en détail les sept sujets suivants relatifs à la conception d'un réseau Wi-Fi et présente les meilleures pratiques en la matière.

- 1 Placement AP
- 2 Contrôle de la couverture AP
- 3 Cas d'utilisation dominant
- 4 Marchés verticaux
- 5 Gestion des interférences
- 6 Pilotage de la bande de radiofréquences (RF)
- 7 Planification des capacités

Bien que ce livre blanc aborde ces sept sujets et facteurs communs qui contribuent à une bonne conception Wi-Fi, il existe de nombreux autres facteurs qui ne sont pas inclus dans ce document et qui devraient également être pris en compte lors de la conception d'un réseau. Par conséquent, ce livre blanc ne prétend pas que ces sept facteurs sont les seuls qui comptent, mais qu'il s'agit de considérations clés à prendre en compte lors de la conception d'un réseau Wi-Fi de haute performance.

Il aborde également un sujet bonus :

- 8 La différence entre le système d'antennes distribuées (DAS) et la planification et la conception d'un réseau Wi-Fi.

## 02. LES PRINCIPALES CONSIDÉRATIONS RELATIVES À LA CONCEPTION DU RÉSEAU

L'une des sources potentielles d'interférence des points d'accès est la diffusion et la réflexion des objets métalliques tels que les clôtures à mailles losangées, les grillages et les grandes surfaces métalliques. Ces derniers sont particulièrement problématiques s'ils sont situés à proximité d'un point d'accès, car la réflexion des radiofréquences modifie le diagramme d'antenne du point d'accès, ce qui modifie la couverture des radiofréquences par rapport à ce qui est attendu.

Une autre source potentielle d'interférence consiste à placer un point d'accès à proximité d'une autre source de radiofréquences. La plupart des points d'accès ont des canaux RF configurables, ce qui signifie que n'importe quel canal RF de l'ensemble de la bande sans licence peut être configuré pour être opérationnel par l'administrateur du réseau. Ces points d'accès ne disposent pas de filtres matériels spécifiques ; par exemple, un point d'accès configuré pour fonctionner sur le canal 6 de la bande ISM (Industrial, Scientific and Medical) de 2,4 GHz ne dispose pas d'un filtre matériel de 20 MHz centré sur le canal 6. Par conséquent, la présence d'un autre point d'accès à proximité qui émet sur le canal 1 ou le canal 11 est susceptible de provoquer un bruit important au niveau du premier point d'accès.

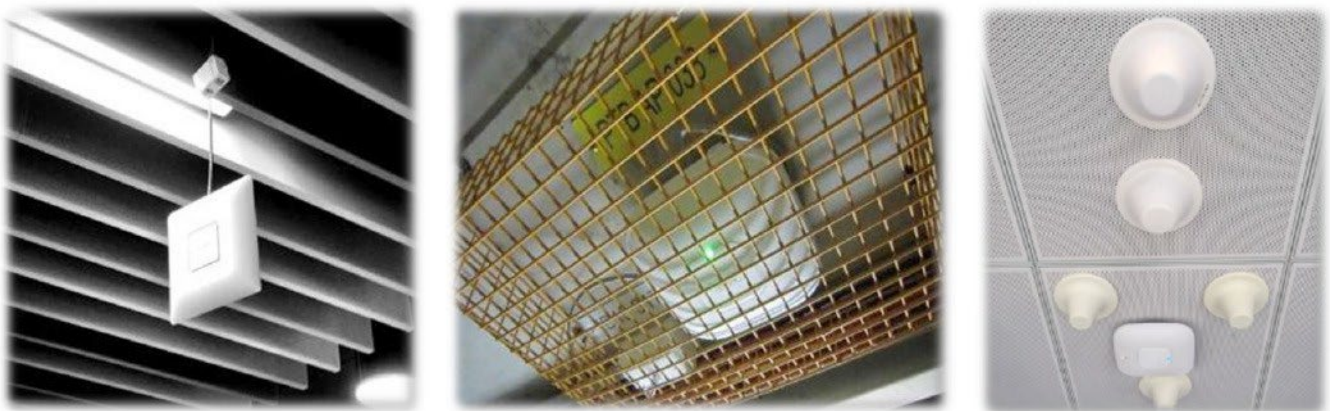


Figure 1 : Exemples de placement incorrect de points d'accès (Source : 7signal Solutions)

## 2.2 CONTRÔLE DE LA COUVERTURE AP

Au début, les points d'accès étaient systématiquement installés avec leur puissance d'émission par défaut, souvent la puissance d'émission maximale de 10 ou même 20 dBm. Toutefois, en raison de la densification des réseaux Wi-Fi, cette pratique n'est plus recommandée, car laisser les points d'accès émettre à la puissance maximale peut avoir des effets néfastes sur les performances du réseau. Trois problèmes se distinguent : l'inadéquation de la puissance entre les points d'accès et les clients, le chevauchement des canaux RF et les nœuds cachés.

### 2.2.1 Mauvaise adéquation entre la puissance de l'AP et celle du client

Si la puissance de l'AP est fixée à un niveau fixe, tous les clients devraient également émettre à ce même niveau. Si certains clients émettent à une puissance inférieure à celle de l'AP, il existe une zone où ces clients peuvent entendre l'AP mais où l'AP ne peut pas les entendre. Ce décalage de puissance crée une "zone morte" pour ces clients. Supposons, par exemple, qu'un point d'accès émette à 10 dBm et que la limite de couverture du point d'accès soit à -70 dBm. Il s'agit de la limite entre les zones jaune et verte de la figure 2. Un client émettant également à 10 dBm peut se trouver juste à la limite de la couverture, là où se trouve le symbole noir du smartphone, et maintenir la connectivité avec le point d'accès. Toutefois, pour maintenir la connectivité, un client qui ne peut émettre qu'à 5 dBm doit être plus proche du point d'accès (où se trouve le symbole du smartphone bleu). La limite de couverture du téléphone bleu est de -65 dBm. La zone jaune entre les deux téléphones est la "zone morte", où le téléphone noir peut fonctionner mais pas le téléphone bleu. Pour éliminer la zone morte, la puissance d'émission de l'AP doit être réglée sur la valeur la plus basse, à savoir 5 dBm.

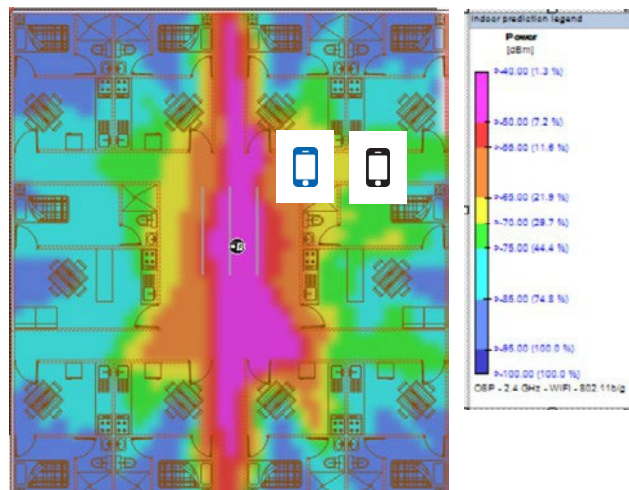


Figure 2 : Inadéquation de la puissance entre le point d'accès et le client

### 2.2.2 Chevauchement des canaux RF

Le chevauchement des canaux est très préoccupant à 2,4 GHz, où il n'existe que trois canaux qui ne se chevauchent pas. Le facteur de réutilisation des canaux n'étant que de  $N=3$ , il est probable qu'un client se trouve dans un endroit où il peut "entendre" deux points d'accès qui émettent sur le même canal. Dans ce cas, les deux points d'accès reportent la transmission lorsque le client transmet. Comme cela empêche les deux points d'accès d'émettre, chacun de ces clients utilise deux fois plus de temps d'antenne, ce qui réduit la capacité du réseau. Ce phénomène est illustré à la figure 3. Le smartphone fonctionne sur le canal 6 et se trouve à mi-chemin entre le point d'accès en haut à gauche et celui en bas à droite, tous deux fonctionnant également sur le canal 6. L'AP du canal 6 auquel le téléphone est associé n'a pas d'importance, car il peut être entendu par les deux, et les deux AP doivent donc différer la transmission lorsque le téléphone émet.



Figure 3 : Clients en bordure de cellule et interférence dans le même canal (CCI)

La solution consiste à isoler les signaux des points d'accès du même canal d'au moins 20 dB, comme le montre la figure 4. Trois points d'accès sont intéressants : ceux situés en haut à gauche et en bas à droite fonctionnent sur le canal 6 (couverture orange), tandis que celui qui se trouve entre les deux fonctionne sur le canal 1 (couverture rouge). Le point d'accès du milieu sert de tampon entre les deux points d'accès du même canal. La différence de signal entre les points d'accès du même canal doit être d'au moins 20 dB à la limite de la couverture rouge.

La punaise est située à la limite de couverture rouge. À cet endroit, le niveau du signal AP en haut à gauche est de -59,5 dBm tandis que le niveau du signal AP en bas à droite est de -79,65 dBm. Ainsi, la différence entre les deux niveaux de signal AP du canal 6 est d'environ 20 dB, soit le delta de signal souhaitable entre les deux. Le delta de signal de 20 dB est plus facile à atteindre si la couverture AP est plus petite, ce qui est une autre raison de régler la puissance d'émission AP à une valeur inférieure à sa valeur par défaut.

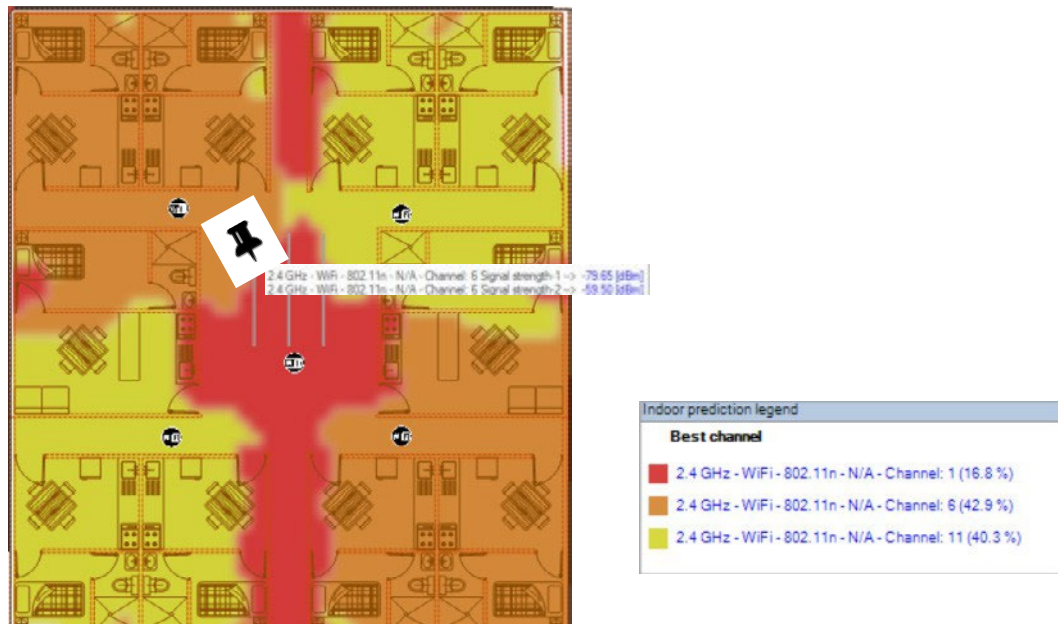


Figure 4 : Isolation recommandée des signaux sur le même canal

## 2.2.3 Nœuds cachés

Le "nœud caché" est un phénomène qui se produit lorsque deux clients ne peuvent pas s'entendre l'un l'autre, mais que le point d'accès qui les dessert peut les entendre tous les deux. L'accès multiple à détection de porteuse avec prévention des collisions (CSMA/CA) est un mécanisme fondamental qui permet aux clients et aux points d'accès de transmettre un paquet à la fois. Pour minimiser les collisions de paquets, il est primordial que chaque client puisse entendre tous les autres clients dans la zone de couverture du point d'accès. Si la couverture de l'AP est trop importante, les clients situés aux extrémités opposées de la couverture ne peuvent pas s'entendre et peuvent donc tenter de transmettre des paquets simultanément. Cela peut provoquer des collisions de paquets au niveau du récepteur du point d'accès, ce qui entraîne la retransmission des paquets, ralentissant ainsi tous les clients dans la zone de couverture du point d'accès.

La figure 5 montre un exemple de nœud caché dans un hôtel. Le point d'accès est situé au centre et sa puissance d'émission est suffisante pour assurer une bonne couverture dans les couloirs opposés. Les deux clients, représentés par les deux symboles noirs de smartphones, sont situés à l'extrémité de chaque couloir. S'ils ont la même puissance d'émission que le point d'accès, ils peuvent tous deux se connecter facilement au point d'accès. Cependant, en raison de la longueur des couloirs, les clients ne peuvent pas s'entendre et leurs paquets se heurtent souvent au point d'accès, ce qui entraîne une retransmission. La solution consiste à installer deux points d'accès, un dans chaque couloir.

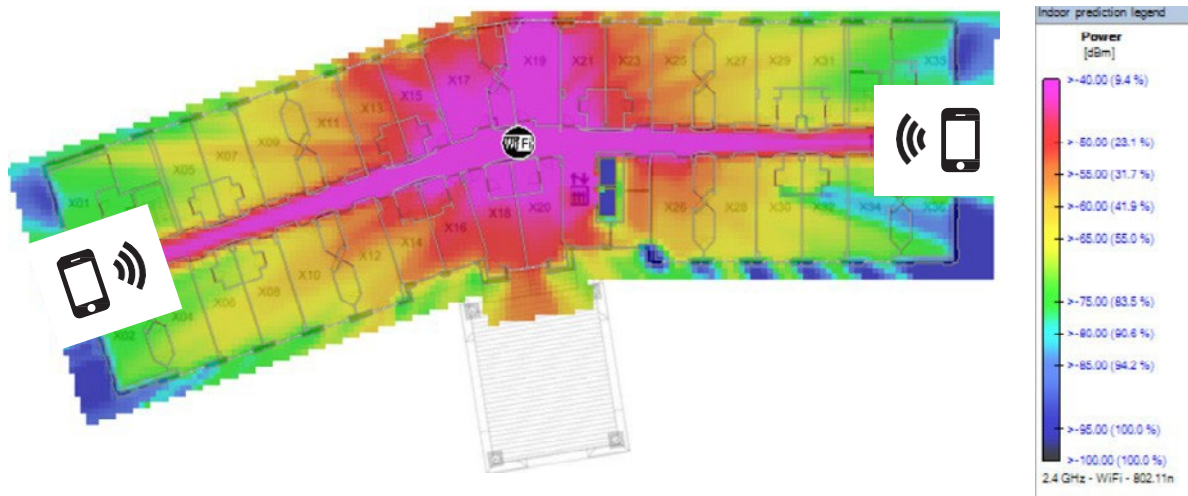


Figure 5 : Les clients et le problème du nœud caché

Outre la réduction de la puissance d'émission, la couverture des points d'accès peut également être contrôlée en désactivant les débits de données inférieurs. À mesure que l'on s'éloigne du point d'accès, le rapport signal/bruit (RSB) diminue et le débit de données passe dynamiquement à une valeur inférieure. Le débit de données le plus faible est différent selon les réseaux 802.11 ; par exemple, il est de 1 Mb/s pour 802.11b, mais de 6 Mb/s pour 802.11a et g. Dans la figure 6, tous les débits de données, de 6 à 54 Mb/s, sont initialement activés pour le point d'accès 802.11g, comme le montre la capture d'écran de gauche. Pour contrôler la couverture, les débits de données de 6 à 18 Mb/s sont désactivés, ce qui réduit légèrement la couverture, comme le montre la capture d'écran de droite. La couverture obtenue est beaucoup plus étroite et les débits de données disponibles (24-54 Mb/s) sont beaucoup plus élevés.

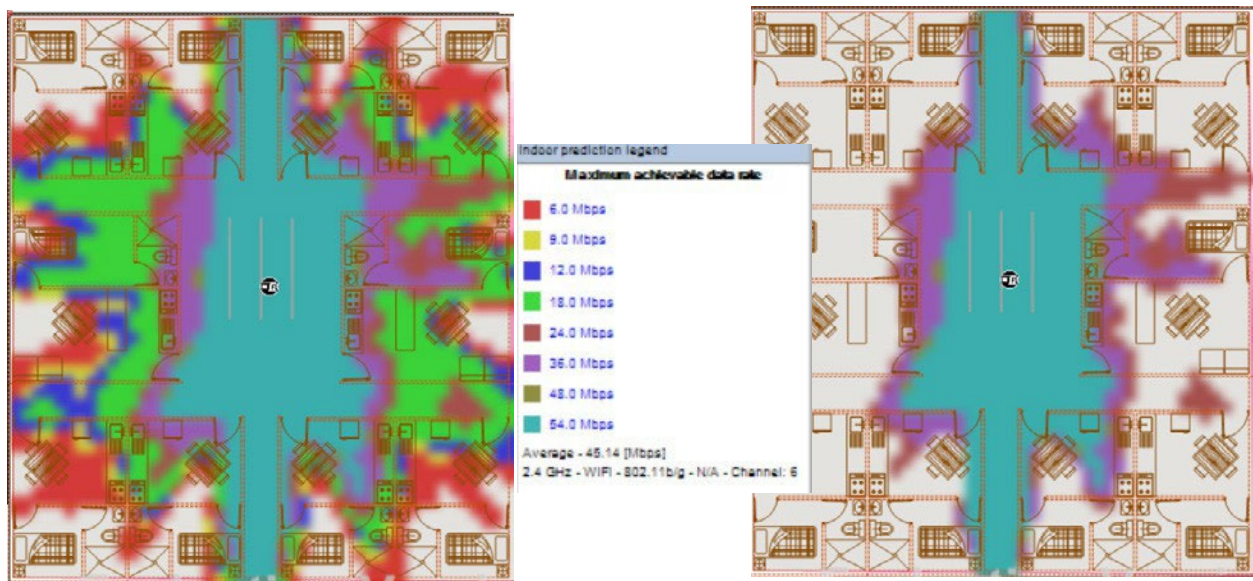


Figure 6 : Contrôle de la couverture par la désactivation des débits de données inférieurs

### 2.3 LE CAS D'UTILISATION DOMINANT

Le cas d'utilisation dominant dans un réseau Wi-Fi détermine les paramètres de conception de la couverture. En règle générale, le nombre de points d'accès requis pour les réseaux à faible débit est inférieur au nombre requis pour les réseaux à haut débit, qui est inférieur au nombre requis pour les réseaux de voix sur Wi-Fi (VoWi-Fi). La plupart des fabricants recommandent les niveaux de signal cibles suivants :

- \ Pour les réseaux à faible débit de données, comme c'est le cas dans les entrepôts, l'intensité minimale du signal reçu doit être de -73 dBm.
- \ Pour les réseaux où le partage de fichiers est important, comme c'est le cas dans les stades, l'intensité minimale du signal reçu doit être de -70 dBm.
- \ Pour les réseaux VoWi-Fi, comme c'est le cas dans les centres d'appel, l'intensité minimale du signal reçu doit être de -67 dBm.

Toutefois, ces exigences minimales en matière d'intensité du signal ne sont utiles que dans l'hypothèse d'un bruit ambiant modeste (parfois appelé bruit de fond), soit -90 dBm ou moins. Dans un environnement bruyant, le rapport signal/bruit (SNR) doit être utilisé comme chiffre de mérite plutôt que comme force du signal. Certains équipementiers recommandent les valeurs SNR suivantes :

- \ Les réseaux à faible débit de données doivent avoir un RSB minimum de 18 dB.
- \ Les réseaux où le partage et le téléchargement de fichiers sont importants devraient avoir un RSB minimum de 20 dB.
- \ Les réseaux dans lesquels l'utilisation de VoWi-Fi prédomine doivent avoir un RSB minimum de 25 dB.

Ces indicateurs clés de performance (ICP) sont résumés dans le tableau 1 ci-dessous.

CAS D'UTILISATION	FAIBLE BRUIT (< -90 dBm)	HAUT BRUIT (> -90 dBm)
	Intensité du signal, dBm	SNR, dBm
Faible débit de données (scanners portables, POS)	-73	18
Débit de données élevé (flux vidéo, partage de fichiers)	-70	20
VoWi-Fi	-67	25

Tableau 1 : Indicateurs clés de performance (ICP) typiques de la conception

Ainsi, pour un réseau de stade dont le niveau de bruit ambiant mesuré est de -70 dBm, le niveau de signal minimal doit être de  $-70+20 = -50$  dBm. Cette valeur minimale d'intensité du signal reçu est très élevée, ce qui nécessitera par conséquent de nombreux points d'accès dans le réseau. Cependant, si nous avons simplement supposé un niveau de bruit de fond de -90 dBm (au lieu de la valeur mesurée de -70 dBm), et donc conçu pour -70 dBm, le SNR serait de  $-70+70=0$  dB, et le réseau serait pratiquement inutilisable. Cet exemple souligne l'importance d'apporter un analyseur de spectre lors d'une visite de site, un instrument capable de mesurer non seulement le bruit ambiant, mais aussi les interférences non 802.11 dans la bande, comme nous le verrons plus en détail au point 2.5 ci-dessous.

## 2.4 MARCHÉS VERTICAUX

Si l'identification des indicateurs de performance clés (puissance reçue ou rapport signal/bruit) et le réglage de la puissance d'émission de l'AP à une valeur bien inférieure à la puissance maximale constituent un bon point de départ, les spécifications de conception doivent également prendre en compte les spécificités des marchés verticaux. En effet, les marchés verticaux diffèrent en termes de densité d'utilisateurs (hôtels ou entrepôts, par exemple), de cas d'utilisation (localisation en temps réel, VoWi-Fi, données) et d'environnement RF (bruyant ou moyen).

### 2.4.1 Enseignement/Salle de classe

Les tablettes informatiques sont devenues des outils pédagogiques courants à tous les niveaux d'enseignement. Les tablettes s'appuient exclusivement sur la connectivité sans fil pour fournir un accès à l'internet. Le nombre de tablettes dans une classe est égal au nombre d'élèves, et il est raisonnable de supposer qu'au moins occasionnellement, tous ces appareils essaieront d'accéder au réseau en même temps. La plupart des murs des salles de classe sont faits de parpaings afin d'atténuer le bruit pendant les cours. Ce matériau atténue également la propagation des radiofréquences de manière très efficace, ce qui réduit considérablement le chevauchement des canaux. Pour répondre aux spécificités de la capacité et de la propagation des radiofréquences dans les salles de classe, une règle générale consiste à placer un point d'accès dans une salle de classe sur deux.

### 2.4.2 Entrepôt/fabrication

Les entrepôts et les sites de production déploient souvent des appareils portatifs sans fil tels que les lecteurs de codes-barres utilisés pour l'inventaire. Ces appareils ne nécessitent qu'un faible débit de données, de sorte que cette conception vise la couverture et non la capacité. Il faut veiller à ne pas placer les points d'accès à proximité de rayonnages métalliques ou de machines lourdes, car les surfaces métalliques affectent les diagrammes d'antenne et provoquent des interférences excessives.



### 24.3 Vente au détail

Les réseaux Wi-Fi ont plusieurs applications dans les commerces de détail :

- \ **Les** équipements de soutien aux opérations de vente au détail tels que les caisses enregistreuses, les pointeuses, les scanners de contrôle des stocks ;
- \ Suivi de l'analyse du commerce de détail, utilisé pour surveiller les mouvements et le comportement des clients. Un exemple d'analyse de la vente au détail est la fidélisation des clients (c'est-à-dire la rapidité avec laquelle les clients reviennent dans un magasin après leur première visite) ;
- \ Les services de cartographie et de suivi basés sur la localisation, utilisés pour fournir des indications détaillées sur l'itinéraire à suivre pour se rendre au magasin, quel que soit l'endroit où l'on se trouve dans le centre commercial ;
- \ Connectivité Internet

Toutes les solutions ci-dessus, à l'exception de la dernière, ne nécessitent qu'une connectivité à faible débit de données.

### 24.4 Soins de santé

Le principal cas d'utilisation dans le secteur des soins de santé est l'accès rapide et sécurisé aux données médicales des patients et le suivi précis des patients admis dans l'établissement. Les solutions de localisation en temps réel (RTL) utilisant des étiquettes 802.11 pour localiser les patients sont courantes. Les équipements médicaux utilisés pour surveiller les informations vitales des patients utilisent souvent des adaptateurs sans fil 802.11 intégrés pour renvoyer les données au poste de soins. Les chariots médicaux utilisés pour saisir les informations relatives aux patients se connectent également au réseau sans fil. Différents types d'équipements hospitaliers utilisent des technologies sans fil propriétaires ou standard, constituant ainsi une source potentielle importante d'interférences RF.

En raison de la présence d'équipements médicaux sans fil, il est important d'apporter un analyseur de spectre lors de la visite d'un hôpital et d'étudier les bandes de 2,4 et 5 GHz dans toutes les zones où le réseau doit être installé. De nombreux hôpitaux disposent également d'une personne ou d'un service chargé de répertorier les équipements médicaux sans fil. Pour aider à identifier les fréquences utilisées à l'hôpital, cette personne doit être interrogée lors de la visite du site.

### 24.5 Stades

Actuellement, les stades sont de loin les réseaux Wi-Fi les plus denses qui soient construits. Pendant l'heure de pointe du Super Bowl 2017, 30 % des participants étaient connectés simultanément au réseau. Les stades sont également de loin les lieux les plus bruyants ; il est courant de trouver un bruit ambiant entre -80 et -70 dBm lors d'un événement. Ces valeurs très élevées doivent être prises en compte lors de la conception d'un réseau de stade, et il est donc indispensable d'apporter un analyseur de spectre lors de l'étude du site du stade. La majeure partie du trafic de données dans les stades est constituée de vidéos et de téléchargements d'images, générés par le public. Cependant, le réseau doit également fournir une connectivité fiable pour les points de vente, la vidéosurveillance, la billetterie et d'autres services d'infrastructure du stade.

Les caractéristiques du marché vertical sont résumées dans le tableau 2 ci-dessous.

Marché vertical	Densité de l'AP	Cas d'utilisation	Critères de conception
Éducation	Haut	Débit de données faible à élevé	Capacité
Entrepôt	Faible	Faible débit de données	Couverture
Vente au détail	Faible	Faible débit de données	Couverture
Soins de santé	Haut	VoWi-Fi, RTL	Couverture
Stade	Haut	Débit de données élevé (bruit élevé)	Capacité

Tableau 2 : Résumé des caractéristiques du marché vertical

## 2.5 GESTION DES INTERFÉRENCES

Deux types d'interférences peuvent affecter le fonctionnement d'un réseau 802.11 : les interférences à large bande et les interférences à bande étroite.

Les interférences à large bande affectent la plupart ou tous les canaux RF de la bande et peuvent mettre hors service tous les points d'accès du réseau. Bluetooth est un exemple d'interférence à large bande. Bluetooth fonctionne sur 79 canaux RF choisis de manière pseudo-aléatoire et espacés de 1 MHz entre 2,402 et 2,480 GHz. Comme tous les canaux Wi-Fi de 2,4 GHz se situent dans cette même plage de fréquences, l'interférence Bluetooth est une interférence à large bande. La pratique consistant à transmettre sur des canaux RF choisis de manière aléatoire s'appelle l'étalement du spectre par saut de fréquence (FHSS).

La télémétrie médicale et les téléphones sans fil DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications), qui utilisent également le FHSS, sont d'autres sources d'interférence à large bande. Si un seul appareil FHSS n'affecte pas le réseau, plusieurs appareils FHSS dans un espace limité peuvent le faire ; par exemple, les casques Bluetooth et les téléphones sans fil DECT dans un centre d'appel. Il est facile de comprendre pourquoi ces deux types d'appareils devraient être interdits dans tout centre d'appel qui utilise VoWi-Fi pour les appels vocaux.

Les interférences à bande étroite n'affectent qu'une partie du spectre et peuvent donc n'affecter que certains canaux. Un exemple d'interférence à bande étroite est celui des fours à micro-ondes, car leur rayonnement n'affecte généralement que la partie supérieure du spectre de 2,4 GHz.

Les sources d'interférence potentielles dans les bandes de 2,4 GHz et de 5 GHz sont énumérées dans le tableau 3.

2,4 GHz	5 GHz
Radios Bluetooth (souris sans fil, clavier, casque...)	Téléphones sans fil
Téléphones sans fil	Radar
Caméras vidéo sans fil	Capteurs de périmètre
WLAN à proximité	Satellites numériques
Fours à micro-ondes	WLAN à proximité
Ampoules fluorescentes	Ponts sans fil 5 GHz pour l'extérieur
Moteurs d'ascenseurs	
Coupeuses à plasma	

Tableau 3 : Sources de brouillage dans les bandes de 2,4 et 5 GHz

## 2.6 DIRECTION DE LA BANDE RF

"Les amis ne laissent pas leurs amis utiliser la bande 2,4 GHz" est un slogan très populaire dans la communauté Wi-Fi, et ce pour de bonnes raisons. Avec seulement 3 canaux de 20 MHz qui ne se chevauchent pas dans la bande de 2,4 GHz et jusqu'à 22 canaux de 20 MHz qui ne se chevauchent pas dans la bande de 5 GHz, il est clair que le réseau qui présente le moins d'interférences dans le même canal (CCI) est celui qui en présente le moins. Comme plus de 80 % des clients sur le marché actuel sont bi-bande, il est impératif de concevoir et de déployer des points d'accès dotés de radios bi-bande. Le nombre réel de canaux qui ne se chevauchent pas dans la bande des 5 GHz peut être de 8, 12, 17 ou 22, selon la région et selon que les clients sont certifiés pour la sélection dynamique des fréquences (DFS) pour les canaux partagés avec le radar météorologique Doppler terminal (TWDR).

Si les deux radios émettent au même niveau de puissance, il faut environ deux fois plus de radios 5 GHz que de radios 2,4 GHz pour obtenir la même couverture RF. Le réseau 2,4 GHz a moins de capacité (moins de radios) que le réseau 5 GHz, et il a également plus de brouillage (CCI plus élevé) que le réseau 5 GHz. Les conditions RF étant plus favorables pour le réseau 5 GHz, il est évident qu'un plus grand nombre de clients devraient être connectés à ce réseau plutôt qu'au réseau 2,4 GHz.

La pratique qui consiste à diriger un client bibande pour qu'il se connecte à un réseau en utilisant une bande de spectre préférée est appelée "RF band steering". Cela se fait en manipulant la sous-couche MAC. Lorsqu'un point d'accès bibande reçoit des demandes de sonde dans les deux bandes de la part de la même radio client, il répond en utilisant uniquement des transmissions dans la bande des 5 GHz. Le pourcentage de clients à diriger vers la bande des 5 GHz est un paramètre configurable sur les points d'accès de nombreux fournisseurs.

Le band steering est simplement un autre nom pour l'équilibrage de la charge entre les bandes de fréquences. Il ne doit pas être confondu avec l'équilibrage de la charge entre les points d'accès.

## 2.7 PLANIFICATION DES CAPACITÉS

"Combien de points d'accès vais-je avoir besoin pour ce lieu ?" est la première question que de nombreux planificateurs de réseaux Wi-Fi entendent de la part du responsable informatique. De nombreux équipementiers précisent le nombre maximal de clients simultanés pour une application spécifique. Par exemple, Cisco recommande un maximum de 27 appels VoWi-Fi lorsqu'ils sont connectés à 24 Mb/s ou plus dans la bande 5 GHz. En cas de connexion à 12 Mb/s ou plus, un maximum de 20 appels VoWi-Fi est recommandé. Ces recommandations peuvent suffire à déterminer le nombre d'AP requis dans un centre d'appel, où la VoWi-Fi est de loin l'application la plus dominante. Cependant, dans la plupart des lieux, le trafic est constitué d'un mélange de diverses applications : VoWi-Fi, courrier électronique, navigation sur le web, téléchargement de fichiers, streaming vidéo, etc.

Pour calculer la capacité avec précision, plusieurs paramètres doivent être spécifiés/supposés :

- \ Spécifier la quantité de trafic, en Mo, qu'un client actif transmettra/recevra pendant l'heure d'affluence.
- \ Indiquez le pourcentage d'utilisateurs actifs pendant l'heure d'affluence. Lors du Super Bowl 2017, 30 % des participants étaient actifs pendant l'heure d'affluence.
- \ Indique le pourcentage d'utilisation du temps d'antenne pendant les heures d'activité ; pour permettre une certaine croissance, ce pourcentage est généralement fixé à une valeur légèrement inférieure à 100 %.
- \ Il convient d'identifier les points chauds du site et de préciser le nombre de clients dans chaque point chaud. Le nombre de clients dans la zone restante doit également être précisé.
- \ La répartition des clients entre les bandes de 2,4 GHz et de 5 GHz doit être prise en compte.
- \ Précisez le surdébit du réseau. Les normes 802.11ac et 802.11n ont un surdébit d'environ 20 % ; les normes 802.11b/g et 802.11a ont un surdébit d'environ 50 %. Le surdébit est dû à la contention du temps d'antenne et aux trames de contrôle et de gestion, comme spécifié dans l'algorithme CSMA/CA.
- \ Enfin, il convient de prendre en compte un mélange d'appareils clients à 1, 2, 3 et 4 flux ; le simple fait de déployer la norme 802.11ac ne signifie pas que tous les clients de la salle peuvent prendre en charge quatre flux MIMO !

Un bon point de départ consiste à concevoir le réseau en fonction de la couverture, puis à calculer la carte de couverture de la capacité (figure 7). Cette carte indique si un point d'accès peut supporter la charge de trafic de données spécifiée (vert) ou s'il échouera soit parce qu'il dépasse le pourcentage d'utilisation du temps d'antenne spécifié (rouge vif), soit parce qu'il se connecte à un trop grand nombre de clients (limite matérielle, rouge foncé).

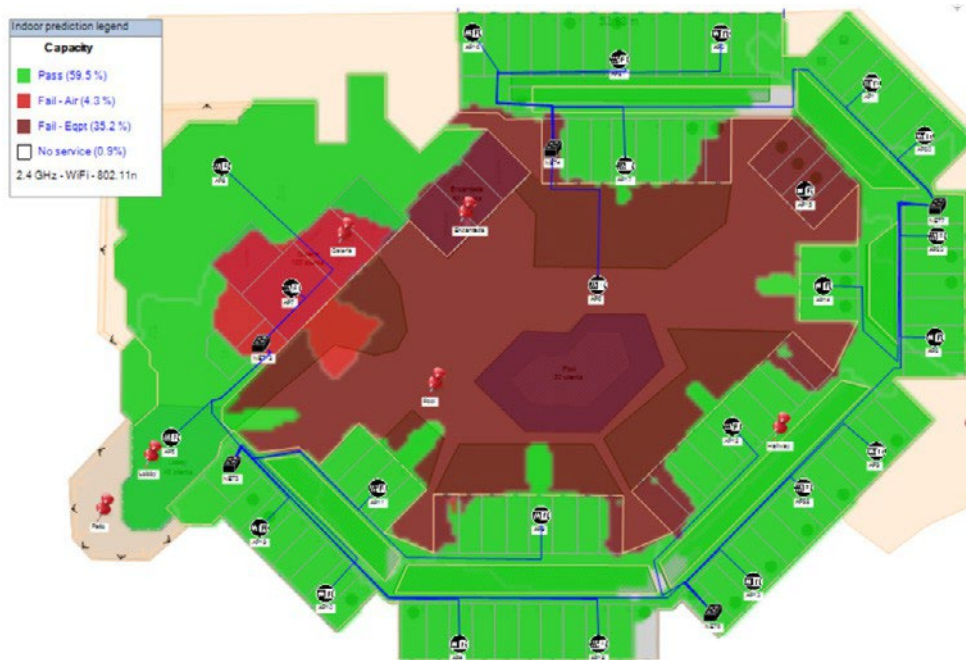


Figure 7 : La carte de couverture de capacité identifie les points d'accès 2,4 GHz réussis (vert) et échoués (rouge clair et rouge foncé).

Dans l'exemple de la figure 7, nous avons utilisé des radios à double bande et supposé un ratio élevé de clients de 2,4 GHz par rapport à ceux de 5 GHz (80 %-20 %), ce qui entraîne l'échec de plusieurs points d'accès de 2,4 GHz. Pour remédier à cette situation, il suffit de ramener le ratio à 40-60 %, et tous les points d'accès 2,4 GHz sont acceptés (figure 8) :

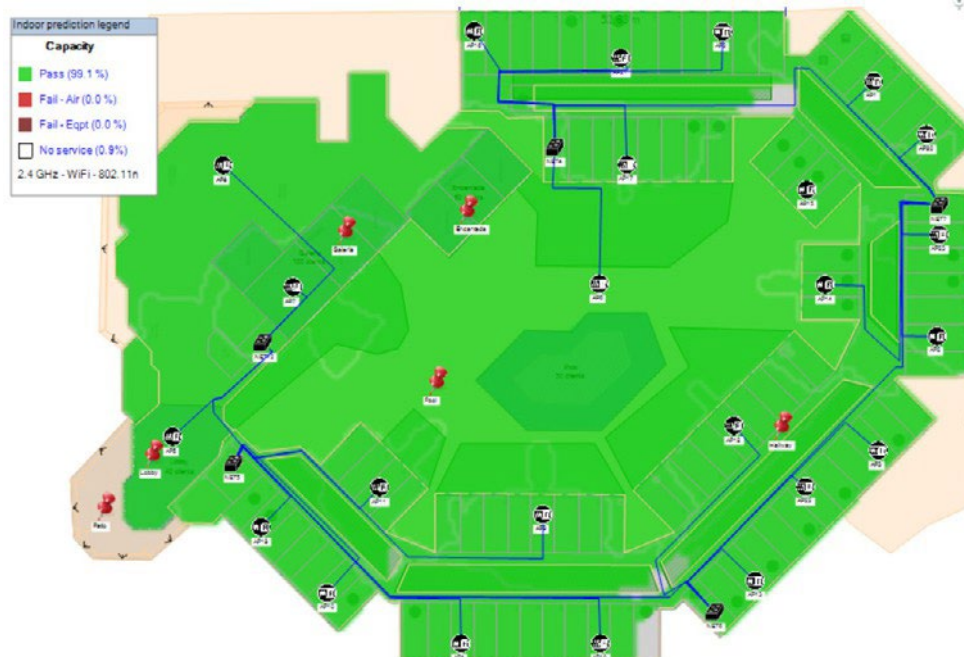


Figure 8 : Après avoir modifié le rapport entre les clients de 2,4 GHz et ceux de 5 GHz, tous les points d'accès de 2,4 GHz sont acceptés.

Une fois que tous les points d'accès sont passés, le nombre minimum de points d'accès nécessaires pour supporter le trafic pendant les heures d'affluence a été déterminé.

Une autre question que le responsable informatique peut se poser est "quel est le débit moyen de mes clients ?". Une carte de couverture du débit moyen par client (figure 9) répond à cette question.

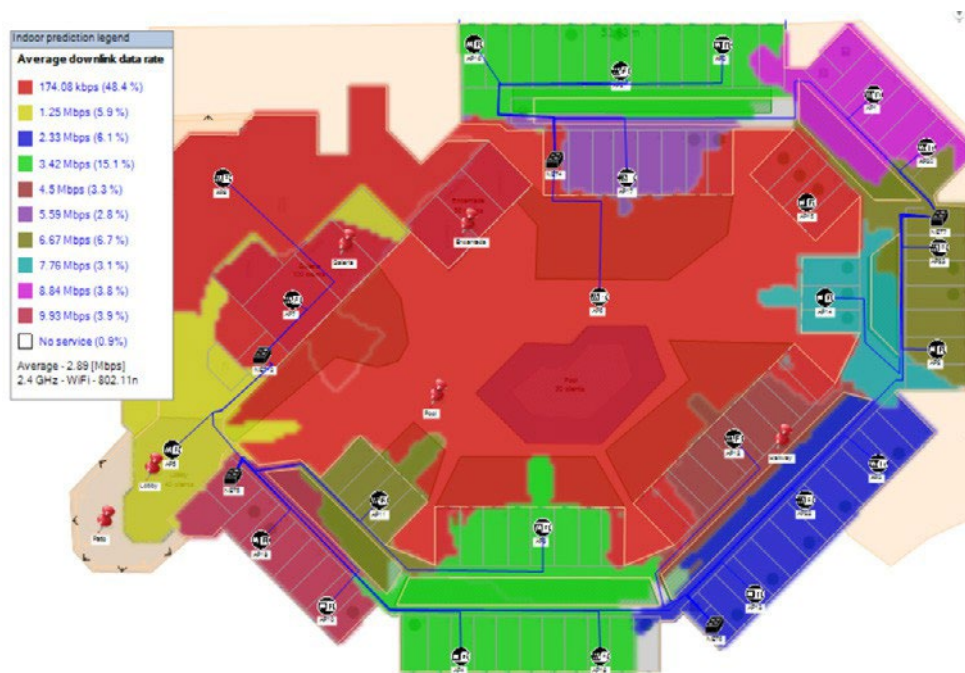


Figure 9 : Débit de données moyen par client pendant une heure d'affluence

Le débit de données moyen par carte de couverture des clients est valable pour le trafic de données spécifié pendant les heures d'affluence. Il ne doit pas être confondu avec le débit de données instantané du client pendant la transmission active, qui est plus élevé que le débit de données moyen.

## 2.8 DIFFÉRENCES ENTRE LA CONCEPTION DU RÉSEAU DAS ET DU RÉSEAU Wi-Fi

À l'intention des ingénieurs DAS, nous soulignons les principales différences entre la planification et la conception des réseaux DAS et Wi-Fi :

### 28.1 Accès multiple à détection de porteuse avec évitement des collisions (CSMA/CA)

Les points d'accès et les clients se disputent le temps d'antenne. Le mécanisme CSMA/CA met de l'ordre dans la nature chaotique de la concurrence pour le temps d'antenne afin de garantir que les clients et les points d'accès transmettent un à la fois. Les DAS et les petites cellules peuvent s'adresser simultanément à plusieurs clients en utilisant différents sous-canaux d'une bande sous licence.

### 28.2 Plan de réutilisation des canaux RF

La planification RF pour les réseaux Wi-Fi doit inclure un plan de réutilisation des canaux RF. À moins qu'un DAS ne transmette un signal GSM, la planification des canaux RF n'est pas nécessaire pour les réseaux DAS. La planification de l'identification des cellules est toutefois nécessaire pour les réseaux de petites cellules LTE.

### 28.3 Interférence RF

Comme les réseaux 802.11 partagent la bande avec des émetteurs non 802.11, il existe de nombreux cas où ces derniers interfèrent avec les premiers. Les appareils Bluetooth et DECT peuvent facilement ralentir un AP à proximité, tandis qu'un vieux four à micro-ondes qui fuit peut le mettre complètement hors service. La détection des interférences potentielles dans les bandes ISM (Industrial, Scientific and Medical) et U NII (Unlicensed National Information Infrastructure) doit se faire en surveillant les lieux à l'aide d'un analyseur de spectre.

### 28.4 Bruit ambiant (de fond)

Un réseau DAS doit gérer le bruit de la liaison montante causé par les amplificateurs des unités distantes. Une fois qu'un réseau DAS est installé, la quantité de bruit de liaison montante qu'il apporte à un récepteur RF est constante et dépend uniquement de l'architecture DAS et du nombre d'amplificateurs. Contrairement aux réseaux DAS, les réseaux Wi-Fi doivent faire face au bruit causé par les émetteurs RF et non RF qui fonctionnent parallèlement à la norme 802.11 dans la bande sans licence. Ce bruit ambiant est spécifique au lieu et, même au sein d'un lieu, peut fluctuer de manière significative entre les heures calmes et les heures d'affluence. Il est important de déterminer le bruit de fond aux heures d'affluence avant de procéder à la conception, car il peut avoir une incidence sur les indicateurs clés de performance visés.

### 28.5 Conception RF : indicateurs clés de performance (KPI)

Les indicateurs clés de performance (KPI) de la conception RF Wi-Fi sont différents pour les applications voix et données. Les indicateurs de performance cibles pour la conception des DAS ne sont pas spécifiques à une application.

### 28.6 Nœuds cachés

Les unités distantes DAS émettent toujours à pleine puissance. Les points d'accès Wi-Fi ne peuvent pas être laissés en mode d'émission à pleine puissance par défaut, car cela augmente le risque que certains clients situés dans la zone de couverture du point d'accès n'entendent pas les autres. Dans ce cas, les paquets des clients entrent en collision avec le récepteur de l'AP, ce qui entraîne une retransmission et ralentit tout le monde.

### 28.7 Débits de données hérités

Un planificateur de réseau Wi-Fi doit décider s'il convient d'activer ou de désactiver les débits de données faibles, tels que 1 Mb/s. Permettre à ce débit de données d'être activé ralentit tout le monde et peut causer le problème du "client collant", où les clients à faible débit de données restent connectés à un point d'accès au lieu de passer à un point d'accès beaucoup plus proche. La planification des DAS ne doit pas prendre en compte les faibles débits de données existants.

### 28.8 Itinérance de la couche 3

Le transfert d'un client d'un point d'accès à un autre est une fonctionnalité de la couche 2 (MAC). Toutefois, si les deux points d'accès appartiennent à des sous-réseaux IP (couche 3) distincts, une station client doit rétablir la connectivité IP lorsqu'elle passe d'un point d'accès à un autre. Dans ce cas, toutes les applications orientées connexion qui sont en session active doivent être redémarrées lors du passage d'un sous-réseau de couche 3 à l'autre. La solution à ce problème est l'itinérance de couche 3 basée sur la norme Mobile IP, qui permet au client de se déplacer d'un sous-réseau IP à un autre tout en conservant l'adresse IP d'origine. La détermination des limites des sous-réseaux IP fait partie intégrante de la planification des réseaux Wi-Fi. Les planificateurs de réseaux DAS n'ont pas besoin de prendre en compte les limites des sous-réseaux IP.

### 2.8.9 Alimentation par Ethernet (PoE)

L'alimentation par Ethernet est une méthode privilégiée pour alimenter les points d'accès de classe entreprise. Les points d'accès sont alimentés par les commutateurs et les contrôleurs via des câbles Ethernet basse tension. Un commutateur d'entreprise typique peut comporter plusieurs cartes de ligne à 48 ports logées dans un châssis. Si le commutateur est de type PoE, les ports peuvent fournir jusqu'à 15,4 W d'énergie, et le châssis lui-même peut nécessiter jusqu'à 2 kW d'énergie. L'armoire de câblage a ses propres spécifications en matière d'alimentation, entre 1 650 et 3 300 W. Outre les points d'accès, les commutateurs PoE alimentent également les téléphones VoIP de bureau et les caméras vidéo. Un planificateur de réseau Wi-Fi doit les inclure tous dans le budget d'alimentation PoE afin de s'assurer qu'il y a suffisamment d'énergie disponible au niveau des ports du commutateur pour alimenter tous les dispositifs d'alimentation, y compris les points d'accès.

### 2.8.10 Backhaul

Les planificateurs de réseaux cellulaires et Wi-Fi doivent tenir compte des exigences en matière de liaison de retour. Il existe toutefois des différences. Le dimensionnement de toutes les sources RF qui se connectent au réseau DAS est effectué par des ingénieurs de backhaul travaillant pour des opérateurs de réseau. Ce ne sont pas les ingénieurs RF qui ont conçu le DAS. En revanche, la personne qui conçoit le réseau Wi-Fi doit également dimensionner le backhaul pour chaque AP du réseau. Les calculs du backhaul de l'AP doivent prendre en compte des largeurs de canaux RF réalistes 802.11 overhead et MIMO afin d'obtenir des débits réalistes dans les deux bandes du spectre, si l'AP est bi-bande. Sur la base de ces calculs, la solution de backhaul optimale qui correspond ou dépasse ce débit est choisie.

## 03. CONCLUSION

La densification des réseaux Wi-Fi, ainsi que la prolifération d'appareils non 802.11 fonctionnant dans les bandes ISM et U NII sans licence, ont fait de la planification des réseaux Wi-Fi une tâche beaucoup plus complexe qu'il y a quelques années. La planification des réseaux

Les réseaux 802.11 deviendront encore plus complexes avec le déploiement massif à venir des petites cellules LTE à accès assisté par licence (LAA-LTE) et des appareils compatibles LTE dans la bande U NII de 5 GHz. Ce livre blanc aborde sept sujets qui doivent être pris en compte lors de la planification et de la conception des réseaux Wi-Fi, et donne des recommandations sur les meilleures pratiques. Pour les ingénieurs RF DAS, les principales différences entre la conception des réseaux DAS et Wi-Fi sont également soulignées.

## 04. REMERCIEMENTS

La figure 1 est tirée d'une présentation de Veli- Pekka Ketonen, directeur technique de 7signal Solutions, Inc., lors de la conférence 2015 des professionnels du réseau local sans fil (Wireless LAN Professionals Conference - WLPC).

## 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 600 grands opérateurs de télécommunications, intégrateurs de systèmes et fabricants d'équipements 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 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.