

PLANIFICATION RADIO EN VUE D'UN DEPLOIEMENT OPTIMAL DES POINTS D'ACCES WIFI

L. Bensaada*, Z. Sidi Ali MEBAREK**, M. Mamouni***

* bensaada@algeriecom.com - Institut des télécommunications - Oran (Algérie)

** samzerrouk@yahoo.fr - Institut des télécommunications - Oran (Algérie)

*** mamouni.m@gmail.com

Reçu le : 04/03/2007

Accepté le : 20/06/2007

RESUME : De nos jours, l'informatique connaît une croissance accrue, le développement de solutions radio présente un réel intérêt, car l'absence de câblage permet une facilité d'installation et surtout une mobilité des entités communicantes. En contrepartie, le médium radio étant un milieu ouvert, il est sensible à l'environnement ce qui pose le problème de sécurité de données.

Afin d'optimiser l'emplacement des Points d'Accès dans un réseau Wifi (mode infrastructure), il est important d'effectuer une planification radio. Dans cet article, nous présentons les différentes étapes du processus de planification, en utilisant une approche par simulation utilisant l'outil ICS Télécom.

SUMMARY: Nowadays, data processing knows an increased growth; the development of radio solutions is of real interest, because the absence of wiring allows a facility of installation and especially a mobility of the communicating entities. On the other hand, the medium is an opened medium, so it is sensitive to the environment what poses the problem of security of data.

In order to optimize the implantation of the Access points in a Wifi network (infrastructure mode), it is important to carry out a radio planning. In this article, we present various stages of the planning process, by using a simulation approach based on ICS Telecom tool.

MOTS CLES : WiFi, Réseaux locaux sans fil, WLAN, Norme IEEE 802.11b, Mode infrastructure, Point d'accès, Planification, Optimisation, ICS Telecom.

1. INTRODUCTION : La norme IEEE802.11b, plus connue sous l'appellation WiFi constitue l'un des plus importants succès des communications du début des années 2000. Cette réussite a bénéficié du soutien des acteurs majeurs du groupe de normalisation IEEE802.11 et a conduit au développement de produits labellisés Wi-Fi, qui sont certifiés par la WECA¹.

La technologie sans fil est actuellement de plus en plus utilisée lors de la mise en place de réseaux temporaires (salons, conférences, ...), de hotspot qui sont des points d'accès utilisés dans des lieux publics (aéroports, gares, métros,...) ou privés (hôtel, restaurant, ...).

2. LE STANDARD IEEE 802.11 : La norme IEEE 802.11 est en réalité la norme initiale qui offre des débits de 1 ou 2 Mb/s. Son évolution a permis de mettre en place de nouveaux standards (IEEE802.11a, IEEE802.11b et IEEE802.11g) qui se différencient par leur débit et leur fréquence porteuse.

Norme	Débits	Bande
IEEE 802.11b	11 Mbit/s	2,4 GHz
IEEE 802.11a	54Mbit/s	5Ghz
IEEE 802.11g(*)	54Mbit/s	2,4 GHz

(*) Compatible avec IEEE802.11b

La norme 802.11n est en cours d'élaboration, elle permettra d'atteindre des débits de 100Mbit/s et même supérieurs et sera compatible avec les normes IEEE 802.11g et IEEE 802.11b.

La sécurité des réseaux WiFi, qui constitue l'un des maillons faibles est améliorée grâce à la mise au point de la norme IEEE802.11i. La gestion des services de base supplémentaires tel que la qualité de service qui est donnée par la norme IEEE802.11.

3. TOPOLOGIES : Le standard IEEE 802.11 définit deux types d'architecture, le premier type, appelé mode ad-hoc, ne dispose pas d'infrastructure de communication, les stations

¹ WECA : Wireless Ethernet Compatibility Alliance

vont se regrouper au sein d'un même réseau afin de communiquer entre elles, les liaisons entre stations sont uniquement de type point à point.

Le deuxième type d'architecture qui est la plus communément utilisé est le mode infrastructure qui, comme son nom l'indique, repose sur l'utilisation d'une infrastructure de communication, à savoir un ou plusieurs points d'accès gérant toutes les communications au sein de leur zone de couverture. L'IEEE 802.11 définit trois types de topologies :

- Le BSS² qui correspond à l'architecture de base du standard ou un ensemble de stations s'associent à un seul et unique point d'accès.
- L'ESS³ qui est le regroupement de plusieurs BSS et qui permet aux points d'accès de communiquer entre eux par l'intermédiaire d'un système de distribution.
- l'IBSS⁴ qui définit une topologie où tous les terminaux sont capables de communiquer directement entre eux.

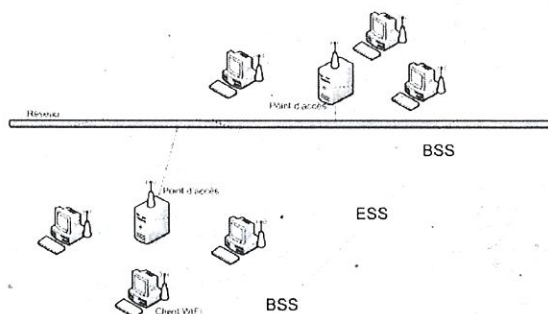


Figure 1: Topologie ESS d'un réseau 802.11

4. ARCHITECTURE EN COUCHES : Comme dans tout réseau local, le modèle IEEE couvre les deux premières couches du modèle de référence OSI.

4.1 Couche physique : Elle est divisée en deux sous-couches :

- la couche PMD⁵ qui définit les caractéristiques de la couche physique employée ainsi que les techniques de transmissions utilisées.

- la couche PLCP⁶ qui réalise l'interface entre la sous-couche PMD et la couche MAC et a pour principal rôle la gestion des trames (encapsulation, décapsulation, etc.).

Technique d'accès par étalement spectral :

Elle a pour but d'utiliser une bande passante plus large que celle qui est nécessaire, ceci grâce à l'utilisation d'un facteur d'étalement. Trois techniques d'accès (couches physiques) ont été définies pour les réseaux Wifi:

- *FH-SS⁷ ou étalement spectral par saut de fréquence.* On modifie la fréquence de la porteuse par une séquence de sauts. C'est à dire que l'émetteur change de fréquence d'émission de façon périodique et suivant une séquence préétablie, il synchronise le récepteur grâce à des trames balises qui contiennent la séquence de saut et la durée.

L'avantage de cette technique est que toute personne écoutant la bande et ne connaissant pas la séquence de sauts ne pourra intercepter les données. D'autre part, étant donné que le système saute d'un canal à un autre, le FHSS possède une certaine immunité contre des interférences locales. Son seul défaut réside dans la faible largeur de bande par canal ne lui permettant pas d'atteindre des vitesses de transmission élevées (1 à 2 Mbits/s).

- *DS-SS⁸ ou étalement spectral par séquence directe.* Cette technique consiste à diviser la bande des 2,4 GHz en 14 canaux de 20 MHz chacun qui tous sont espacés de 5 MHz sauf les 2 derniers canaux (12 MHz). Ce qui correspond à une bande totale supérieure à 400 MHz sans qu'il y ait interférences entre canaux.

La largeur de bande réelle étant de 83,5 MHz, ce qui conduit à un chevauchement entre canaux. Dans ces conditions, il est nécessaire de choisir des canaux disjoints (sans chevauchement) ce qui correspond à seulement trois canaux disjoints (donc trois réseaux) émettant sur une même cellule sans risque d'interférences. Ceci conduit à affecter, à chaque point d'accès, des canaux qui ne se recouvrent pas.

L'inconvénient majeur du DS-SS est qu'il engendre une dégradation du gain de

² BSS : Basic Service Set

³ ESS : Extended Service Set

⁴ IBSS : Independent Basic Service Set

⁵ PMD : Physical Medium Dependent

⁶ PLCP: Physical Layer Convergence Protocol

⁷ FH-SS : Frequency Hopping Spread Spectrum

⁸ DS-SS : Direct Sequence Spread Spectrum

compression du à l'utilisation simultanée des 3 canaux par le même point d'accès. Pour résoudre ces pertes d'informations, on utilise la technique de "chipping" qui consiste à coder chaque bit d'information en une seule séquence de 11 chips et permettre ainsi d'effectuer des contrôles d'erreurs. Le débit final dépend de la modulation de phase appliquée :

- BPSK⁹ : permet d'encoder un bit à chaque changement de phase, débit de 1Mbit/s.
 - QPSK¹⁰ encode deux bits par changement de phase, débit de 2 Mbit/s.
- OFDM¹¹ est différente des techniques précédentes, et l'on constate que plus la séquence est longue plus les interférences, inter-trames sont moindres. Cela démontre que plusieurs canaux à faible débit sont plus efficaces qu'un seul canal à haut débit.

Les deux premières sous-bandes (Low et Middle) de la bande UNII¹² sont divisées en 8 canaux de 20 MHz qui sont chacun subdivisé en 52 sous-canaux de 300 KHz (48 pour la transmission de données et 4 pour la correction d'erreur appelé FEC¹³). A chaque sous canal est appliquée une technique de modulation définissant ainsi un canal à très bas débit. La transmission en simultané de plusieurs sous canaux à faible débit va créer, en fait, un seul canal à haut débit.

Il est possible d'utiliser 8 canaux disjoints, sans interférence, ce qui permet à huit réseaux IEEE802.11a d'émettre simultanément. (IEEE802.11b n'en supporte que 3). L'autre avantage de l'OFDM est le mécanisme de correction d'erreurs sur l'interface physique, évitant ainsi la gestion des retransmissions au niveau de la couche MAC assez gourmande en performance.

L'inconvénient de l'OFDM est qu'il utilise davantage de puissance que les autres techniques, ce qui a pour conséquence la réduction de la durée de service des batteries (appareils mobiles).

4.2 Couche liaison de données : Elle est composée de deux sous-couches: la couche

LLC¹⁴ de contrôle de la liaison logique et la couche MAC¹⁵ de contrôle d'accès au support. Mis à part l'interopérabilité assurée par la couche LLC, c'est au niveau MAC que résident les principales fonctionnalités de la couche liaison. Nous citerons à titre d'exemple la technique d'accès au support, la gestion des retransmissions, le mécanisme d'économie d'énergie.

L'accès au support est déterminé par une la fonction de coordination qui est une fonction logique déterminant l'instant d'émission/réception d'une station associée à un service de base BSS. Le standard définit deux méthodes d'accès au support:

- La DCF¹⁶ qui utilise la technique d'accès CSMA/CA¹⁷ et qui consiste à éviter les collisions, cette technique est conçue de façon à ce que tous les utilisateurs aient une chance égale d'accéder au médium. Il est à noter que la technique d'accès CSMA/CD¹⁸ utilisée dans Ethernet ne peut plus être utilisée du fait que les liaisons radio fonctionnent en half-duplex et qu'elles ne peuvent écouter le média tout en émettant.
- La PCF¹⁹ qui est basée sur l'interrogation régulière, par le point d'accès, de l'ensemble des stations pour leur demander s'ils ont des données à transmettre. Chaque station, pour qu'elle soit interrogée, doit s'enregistrer et réserver préalablement un temps d'émission auprès du point d'accès. Actuellement, la plupart du matériel Wi-Fi disponible sur le marché n'implémente que la méthode d'accès DCF, que ce soit pour les points d'accès ou les stations clientes.

5 LES POINTS D'ACCES : Ces équipements sont nécessaires lorsque le réseau sans fil fonctionne en mode infrastructure, leur rôle est similaire à celui que tiennent les hubs dans les réseaux traditionnels. Ils sont constitués d'une carte Wi-Fi, d'une ou de plusieurs antennes et d'un logiciel qui permet de fournir des services supplémentaires liés à la sécurité et l'identification des autres AP connectés.

⁹ BPSK: Binary Phase Shift Keying

¹⁰ QPSK: Quadrature Phase Shift Keying

¹¹ OFDM : Orthogonal frequency Division Multiplexing

¹² UNII: Unlicensed National Information Infrastructure

¹³ FEC : Forward Correction Error

¹⁴ LLC : Logical Link Control

¹⁵ MAC : Media Access Control

¹⁶ DCF : Distributed Coordination Function

¹⁷ CSMA/CA : Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance

¹⁸ CSMA/CD : Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection

¹⁹ PCF : Point Coordination Function

Il permet aux stations équipées de cartes Wi-Fi d'obtenir une connexion au réseau. On parle alors d'association entre l'AP et chaque station connectée. Les trames d'information envoyées par un client sont émises par l'AP, ce qui permet à la station de joindre un autre client qu'elle ne peut pas forcément voir directement (éloignement, obstacle). Le support physique étant les ondes radio, on ne peut pas empêcher les stations non destinataires de recevoir les trames émises, d'où l'analogie avec le hub.

Il est possible de connecter un réseau sans fil (point d'accès) à un réseau filaire de type Ethernet, ce qui permet d'étendre rapidement et à faible coût un réseau filaire déjà existant. Afin d'étendre la zone de couverture, il est possible de relier des points d'accès entre eux par des câbles (mais aussi par radio).

6. PLANIFICATION RADIO ET L'OPTIMISATION DE RESEAUX WiFi :

Le design d'un système de communication sans fil doit aboutir à un positionnement optimal des antennes d'Emission/Réception, dont l'objectif de planification est de pouvoir satisfaire une Qualité de Service (QoS) avec un nombre minimal de ces antennes. Ce qui nécessite de calculer la zone de couverture de chacune d'entre elles et conclure sur la QoS assurée dans tout l'environnement considéré.

Avant de commencer la description des résultats des simulations obtenues pour ce travail, nous pensons nécessaire de décrire les paramètres, les contraintes ainsi que les modèles de l'outil de planification pris pour mener à bien les expériences de ce travail.

Les paramètres de planification que nous jugeons nécessaires pour aborder notre processus de planification sont les paramètres radio telle que la puissance maximale, la bande de fréquence déployée et type de modulation utilisée, les paramètres d'utilisateurs et service ainsi que les paramètres de base de données géographiques. Les principales contraintes sont la répartition des débits afin de garantir les débits demandés et un taux de couverture supérieure à 90%.

6.1 Outil de planification : Notre outil de planification, modélisé par la figure suivante, se base sur un processus d'optimisation dont l'exécution exige l'import de trois classes de paramètres à son entrée. Ces derniers spécifient les données, les contraintes de la qualité de service (QoS) et le modèle de prédiction de propagation considéré :

6.2 Optimisation et placement des antennes :

Le placement des antennes est primordial pour la réussite de n'importe quel réseau. La personne qui s'occupe de la planification doit bien estimer le volume potentiel de trafic pour décider du nombre des points d'accès qu'il devra installer pour obtenir une bonne qualité de service. C'est le couplage de cette estimation et de l'organisation des antennes (ou Points d'Accès) qui va décider la rentabilité du réseau.

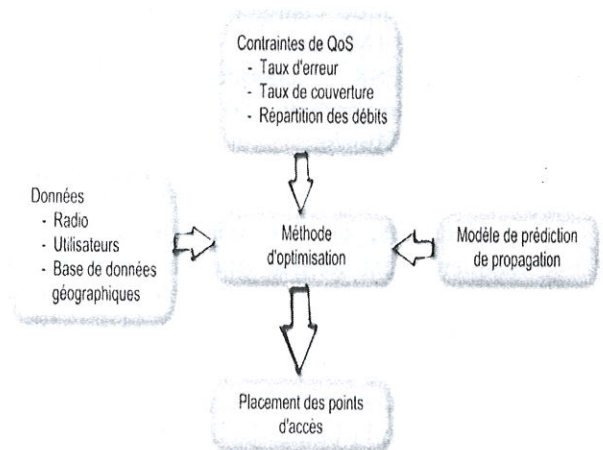


Figure 2: Outil de planification

Toute opération de planification nécessitera des données géographiques de l'environnement à desservir. Ainsi les Modèles Numériques du Terrain (MNT) pourront être une bonne solution pour les environnements qui feront le sujet de notre travail.

6.3 Problématique : La zone de couverture des Points d'Accès ne peut pas être assimilée à certains modèles tel que le modèle hexagonal. En effet, la couverture radio sera fortement influencée par la présence des obstacles tels que les murs et les cloisons. L'onde radioélectrique sera alors réfléchi et diffractée. Ainsi, nous aurons comme résultat des zones de couverture ayant des formes non régulières. Suite à cette irrégularité des zones de couverture, il ne serait pas possible d'estimer les limites de cette zone.

Pour aborder le problème de placement, Il s'agit de décrire d'une part l'environnement comme un ensemble de pièces ou de zones géographiques à couvrir, et un ensemble de sites d'émetteurs potentiels.

6.4 Placement et recherche de solutions:

Nous devons établir des règles de placement qui pourront être utilisées manuellement. En fait, nous proposons de présélectionner un ensemble de sites, correspondants à toutes les

positions possibles des points d'accès. Notre choix des sites initiaux se basera sur les règles suivantes:

- D'habitude, l'environnement est découpé « en pièces », sauf pour les pièces qui présentent de grandes surfaces. Dans ce dernier cas, nous subdivisons la pièce en zones.
- Une fois la spécification des pièces est terminée, nous entamons la procédure de placement des antennes. En effet, nous plaçons les antennes tout le long des murs suivant un « pas » ajustable en fonction de la précision que nous recherchons. Comme nous pourrions aussi placer les antennes aux centres des pièces.
- Nous supposons que toutes les antennes possèdent une hauteur uniforme.

a. Cas d'un couloir

Vu son étroitesse, un couloir pourra assurer la fonction d'un guide d'onde ; le mieux est alors de placer les antennes dans des positions où nous exploiterons au mieux cet aspect de guidage. Si nous disposons d'antennes directives, nous pourrions dans ce cas affiner la directivité de l'antenne et essayer de couvrir tout le couloir avec le minimum d'antennes possibles et ceci en les plaçant par exemple au fonds du couloir. Mais, vu que nous ne disposons que d'antennes omnidirectionnelles, le fait de les placer au fonds du couloir nous fera perdre, peut être, la moitié de couverture. Nous essayerons de suivre les règles de placement suivantes:

Règle 1: Nous essayerons donc de placer les antennes dans des positions loin des extrémités du couloir.

Règle 2: Suivant les dimensions du couloir, nous autoriserons aux antennes d'être placées au milieu du couloir.

Règle 3: Nous essayerons d'éviter de placer une antenne proche d'une position où elle peut interférer fortement avec d'autres pièces (près de la porte d'une pièce, etc.) ou nous jugerons que la perte de puissance est grande (près de la porte d'accès à un bâtiment, etc.).

Règle 4: Nous placerons les antennes sur les murs du couloir et à une même hauteur. De cette manière, nous pourrions assurer une couverture de certaines pièces voisines.

b. Cas d'une simple pièce : Dans ce cas, les règles de placement des antennes prennent une autre dimension.

Règle 1: Nous essayerons de placer l'antenne de façon qu'elle soit loin de toute source de perturbation (ouverture/fermeture des portes et des fenêtres, etc.) et de préférence près d'une source d'énergie.

Règle 2: La position de l'antenne ne devrait pas être choisie en face d'une porte ou d'une fenêtre afin d'éviter l'interférence avec des espaces couverts par d'autres antennes.

Règle 3: Nous autorisons le placement de l'antenne dans un coin. Ainsi, nous exploiterons mieux la réflexion de l'onde sur les murs formant le coin. Cette disposition a de l'importance dans le sens où nous favorisons la couverture dans une direction (forte concentration des usagers). Cette configuration aura plus de sens si nous disposons d'antennes directives.

Règle 4: Nous pourrions penser à placer l'antenne au centre de la pièce. Ainsi nous minimiserons le niveau d'interférence avec les autres pièces. Et même le recouvrement sera de plus en plus faible. A première vue, cette disposition paraît efficace pour les pièces demandant d'important débit.

Règle 5: La dimension de la pièce, la disposition des portes, des fenêtres et des obstacles dans la pièce et le niveau de la puissance d'émission de l'antenne sont tous des critères qui agissent directement sur la position d'une antenne.

Règle 6: Nous éviterons de placer deux antennes à la même position de la part et d'autre d'un mur.

Règle 7: La hauteur des antennes est supposée la même pour toutes les positions envisageables. Dans tous les cas, qu'il soit un couloir ou une pièce, nous éviterons de placer une antenne dans des positions qui peuvent être source de dysfonctionnement (près d'une source de chaleur, près d'une source d'humidité, près d'autres systèmes radio, etc.).

7. MODELISATION SOUS ICS TELCOM:

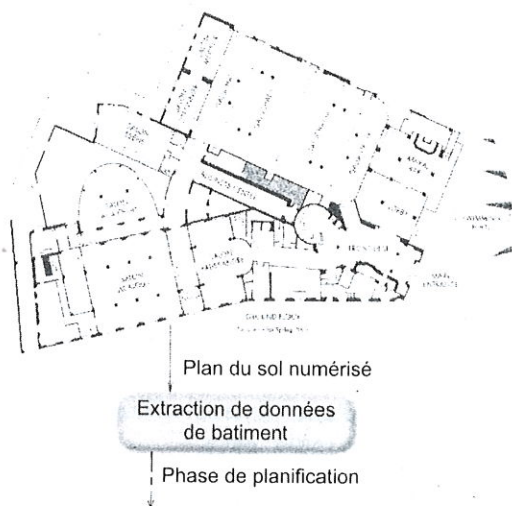
ICS Télécom est un outil professionnel de référence pour planifier les réseaux de communications radio et gérer le spectre des fréquences. Il est capable de modéliser n'importe quel type de réseau radio (fixes que mobiles), quelle que soit sa taille. ICS Telecom, est un logiciel dédié à la planification de réseau possède des fonctions de couverture pour les applications indoor, incluant les réseaux WLAN.

Traditionnellement, l'obstacle aux calculs de propagation en environnement indoor venait

de l'absence de disponibilité de données de construction. Avec la généralisation des plans détaillés pour les bâtiments récents ou rénovés, ce problème peut maintenant être surmonté simplement dans la plupart des cas. Les données du bâtiment peuvent être extraites manuellement avec ICS Telecom, à partir d'un simple plan du sol numérisé.

Suivant le matériau utilisé entre l'émetteur et le récepteur (murs en ciment, briques, ou plâtre sols, plafonds en ciment ou bois), des facteurs d'atténuation standard ou manuels peuvent être appliqués. A partir de ce modèle, la prévision de couverture peut être effectuée dans un bâtiment à plusieurs étages, quelle que soit la localisation de la borne d'accès et des abonnés raccordés. ICS Telecom offre des fonctionnalités de modélisation de couverture, d'analyse de trafic, d'assignation de fréquence et d'analyse d'interférences.

La planification et l'optimisation de réseaux WiFi ou d'autres systèmes indoor est désormais rendue possible. Une fois que les paramètres techniques d'un ou de plusieurs points d'accès ont été définis, l'utilisateur peut calculer la zone de couverture à partir d'un modèle de propagation réaliste. Les zones de couverture peuvent alors être analysées.



Pour la simulation radio, il est nécessaire d'obtenir des informations sur le logiciel ICS Télécom. La propagation de signal est basée sur un choix d'un modèle de propagation :

- Modèle de propagation en visibilité directe: ITU-R 1225.
- Modèle de diffraction : ITU-R 1225.
- Atténuation dues aux trajets secondaires: Standard.

7.1 Prise en main du logiciel :

Dans un premier temps, avant de commencer l'étude radio proprement dite, nous avons dû réunir un certain nombre d'informations. Pour modéliser les points d'accès, il a été nécessaire de connaître un certain nombre de paramètres techniques qui ne sont pas fournis avec les spécifications techniques. Il s'agit, par exemple, des diagrammes de rayonnement en azimut et en élévation, en polarisation horizontale et verticale, de l'antenne.

Nous avons considéré dans notre application un exemple d'environnement indoor fictif. Cet exemple est constitué d'un échantillon de données cartographiques à haute résolution produites par ATDI. Ces données contiennent les éléments suivants :

- Un modèle numérique de terrain (produit à 1 m de résolution mais réduit à 2m pour l'échantillon libre de droits). Ce fichier (fichier *.geo) contient en chaque point l'altitude du terrain + l'altitude des bâtiments.
- Deux fichiers image (fichier *.img et fichier *.pal pour la palette) à 1m et 2 m de résolution qui peuvent être affichées l'une après l'autre. Une des images est une orthophoto, l'autre est une carte papier scannée et géocodée.
- Un fichier "clutter" (fichier *.sol). Ce fichier contient en chaque point l'information d'occupation du sol. Dans notre exemple, il y a différentes classes d'occupation du sol tel que : toits (code 9), arbres (code 5), libre (code 0). Une liste des caractéristiques techniques est liée à chaque classe de clutter et est utilisée pour les calculs de propagation (hauteur de clutter, facteur de diffraction).

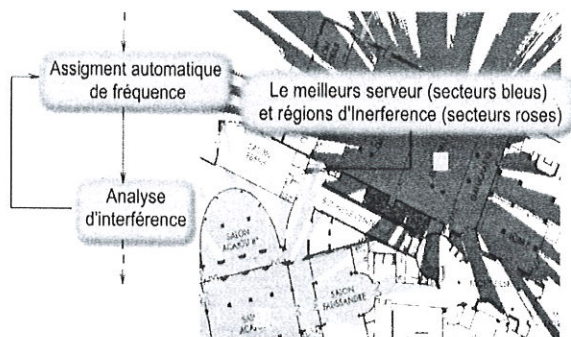
Nous indiquons à titre d'information les autres types de fichiers qu'utilise ICS :

- .ewf : Position des émetteurs.
- .pjt: Sauvegarde de projet.
- .prm: Paramètres physiques (propagation, diffraction, atténuation).
- .trx : Paramètres des points d'accès.
- .fld: Sauvegarde couverture (champ radioélectrique calculé).

7.2 Modélisation des points d'accès : La modélisation des points d'accès consiste à introduire les paramètres nécessaires au calcul de champ et de puissance (fenêtre Add Tx/Rx).

	Point d'accès
Techniques de transmission	RLAN DSSS
Puissance nominale (watts)	0.1000000
Fréquence utilisée (MHz)	2447.00000
Hauteur du point d'accès (m)	3.00
Seuil de réception approprié (dBμV/m)	30
Type de modulation utilisée	QPSK

7.3 Résultats et analyse : Une fois que les paramètres techniques d'un ou de plusieurs points d'accès ont été définis, on peut calculer la zone de couverture à partir d'un modèle de propagation réaliste. Les zones de couverture peuvent alors être analysées (voir figure ci-dessous).

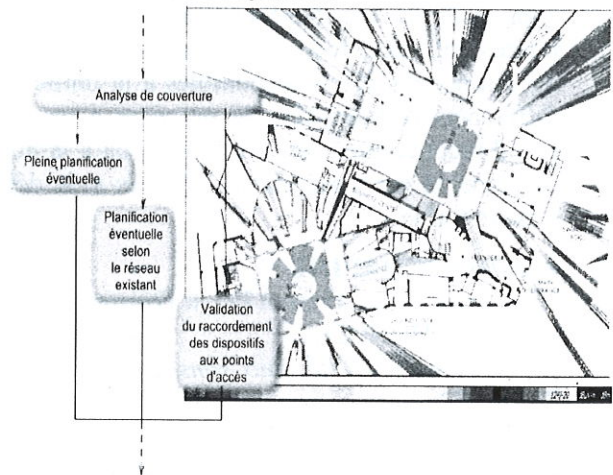


Raccordement des dispositifs sans fil aux points d'accès : Il existe trois méthodes de modélisation de déploiement possibles :

- Déploiement complètement automatique de réseau: Lorsque la localisation des abonnés ou des appareils sans fil est connue, l'outil peut déterminer automatiquement le meilleur emplacement des points d'accès.
- Accomplissement d'un réseau existant : Lorsque la position des points d'accès est déjà connue, ICS Telecom peut analyser la possibilité de connexion pour différents scénarios d'abonnés.
- Validation de raccordement : Enfin, lorsque la localisation des abonnés est inconnue, l'outil peut générer un calcul de couverture en champ.

Tâche de fréquence : Une fois la localisation des points d'accès déterminée, l'outil peut être utilisé pour réaliser une assignation de fréquences automatique minimisant les interférences, de manière à utiliser le spectre disponible de manière optimale. Le plan de

fréquences peut alors être validé et les contraintes en trafic ajustées.



7.4 Validation des résultats : Il est important de comprendre que les résultats obtenus avec l'outil de simulation ICS Telecom sont susceptibles d'être affectés par plusieurs types d'erreurs, ces erreurs étant liées aux données utilisées par le logiciel et indépendantes du logiciel lui-même.

La description de l'environnement dans lequel transitent les communications représente un modèle, c'est-à-dire une approximation, rendant d'ailleurs nécessaire de spécifier l'intervalle de confiance à l'intérieur duquel la prédiction doit être établie.

La compréhension de ces mécanismes est essentielle pour pouvoir effectuer une planification de réseau en toute connaissance de cause.

Pour que la prédiction soit utilisable, il faut que son intervalle de confiance soit parfaitement connu. Pour ce faire, il est nécessaire de comparer les mesures physiques effectuées sur le terrain avec les résultats obtenus par voie logicielle.

8. CONCLUSION : L'implémentation d'un réseau WiFi se heurte souvent aux exigences imposées par les réglementations établies pour l'utilisation des bandes de fréquence. A ces contraintes, viennent s'ajouter la nécessité d'une très bonne planification cellulaire basée sur un choix judicieux de l'emplacement des différents points d'accès avec une bonne répartition des canaux utilisés. Ceci permet de réduire au maximum les possibilités d'interférences et garantit, en conséquence, de meilleures performances du réseau.

Nous tenons également à ajouter que la planification radio que nous avons proposée peut être améliorée. Un suivi de ce travail

permettra de vérifier le rayonnement tout autour du bâtiment grâce à des équipements (scanners) appropriés tel que NetStumbler. Il serait aussi intéressant, une fois la puissance ajustée, de déterminer les débits disponibles à la limite des différentes cellules afin de procéder à un plus grand recouvrement de ces cellules ou à la mise en place de nouveaux points d'accès si le débit s'avère faible.

9. BIBLIOGRAPHIE :

- [1] Lohier S. et Présent D.; « *Transmission et réseaux* », DUNOD.
- [2] Al Agha K., « *Réseaux sans fil et mobiles* », Traité IC2
- [3] Pujolle G. « *les réseaux* », édition 2005.
- [4] Runser K. « *Méthodologies pour la planification de réseaux locaux sans-fil* » Thèse de Doctorat .
- [5] Hakem N. Thèse de Doctorat « *Etude d'une méthode d'accès au médium radio pour réseaux sans fil de l'habitat* »