

**Zeitschrift:** bulletin.ch / Electrosuisse  
**Herausgeber:** Electrosuisse  
**Band:** 98 (2007)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Prédiction de la couverture de service WiFi  
**Autor:** Echenard, Nicolas / Wagen, Jean-Frédéric  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-857412>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 09.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Prédictions de la couverture de service WiFi

## Réseaux sans fil à l'intérieur de bâtiments

Les réseaux sans fil WiFi dans les entreprises connaissent un succès grandissant. Optimiser la couverture en minimisant le nombre nécessaire de bornes permet de minimiser les coûts. Cet article décrit un modèle de prédiction de la couverture de service mesurée en termes de débit utile pour l'utilisateur et non en termes plus conventionnels de puissance reçue. Les plans des locaux nécessaires aux prédictions peuvent être scannés ou même dessinés à la main. L'algorithme de prédiction utilisé reste suffisamment précis malgré les approximations nécessaires pour décrire un environnement intérieur souvent complexe. Les zones de couverture prédite et mesurée sont comparées en utilisant une nouvelle métrique quantifiant l'erreur spatiale en mètre. Les résultats préliminaires montrent que le modèle proposé semble particulièrement adapté pour faciliter un déploiement efficace de réseaux WiFi à l'intérieur de bâtiments.

Les réseaux sans fil WiFi (Wireless Fidelity ou WLAN IEEE 802.11b/g) sont de plus en plus déployés dans les entreprises. En effet, des solutions fiables et sûres sont maintenant accessibles à tous. Les réseaux sans fil apportent grâce à la suppression des câbles coûteux et grâce à

*Nicolas Echenard, Jean-Frédéric Wagen*

la convivialité des connections radio des bénéficiaires largement reconnus. En comparaison à la mise en service relativement triviale d'une borne d'accès<sup>1)</sup> WiFi chez

un particulier, le déploiement d'un réseau sans fil WiFi dans une entreprise se distingue en premier lieu par la taille des locaux devant être couverts et ainsi par le nombre de bornes d'accès à mettre en œuvre. La première étape de la mise en œuvre d'un réseau sans fil est le choix des emplacements des bornes d'accès WiFi. Ces emplacements doivent être choisis non seulement pour offrir la meilleure connectivité ou couverture possible, mais doivent aussi tenir compte de nombreuses contraintes pratiques (câblage, alimentation, fixation ...) et parfois esthétiques. Actuellement, de nombreuses mesures et

plusieurs tests sont nécessaires pour éviter des connections de qualité insatisfaisante ou des coûts inutiles dus à la mise en place d'un trop grand nombre de bornes d'accès. Afin de minimiser le nombre de mesures et d'optimiser la satisfaction des usagers tout en ne déployant que le nombre requis de bornes d'accès, des outils logiciels de planification WiFi peuvent être utilisés. Le nombre de logiciels académiques ou commerciaux calculant la couverture radio pour le WiFi est trop grand pour être proprement référencé ici,<sup>2)</sup> mais nous avons observé que la plupart de ces logiciels produisent des cartes de couverture en terme de puissance reçue (en dBm) qui doivent alors être interprétées avec de solides connaissances tant en propagation radio que dans les aspects systèmes WiFi<sup>3)</sup> pour en déduire la «couverture» ou la «bonne connectivité» vécues par les utilisateurs.

Dans le but d'offrir un outil calculant des résultats facilement interprétables et vérifiables par les utilisateurs et les administrateurs du réseau WiFi, nous proposons dans cet article de prédire la «couverture de service» en terme de service disponible, et non en terme plus conventionnel de puissance reçue en dBm.

Un autre problème reconnu pour les prédictions de la couverture de service à l'intérieur des bâtiments est la description de cet intérieur avec les murs, les parois, les fenêtres (métallisées ou non), le mobilier (surtout les armoires métalliques), etc. Dans les logiciels de prédictions classiques, la précision des résultats dépend directement de la précision de la description numérique de l'environnement, car les développeurs de ces logiciels s'atta-

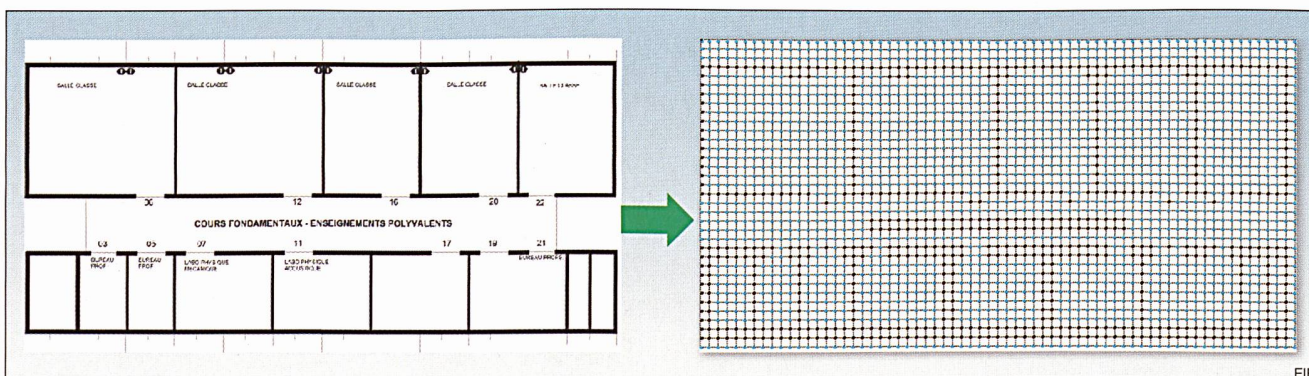


Figure 1 La grille 2D appliquée au plan bitmap des locaux pour les calculs de l'algorithme de prédiction PixelFlow

chent aux calculs les plus exacts possibles pour prédire la propagation des ondes radios. Dans cet article, nous admettons que la plupart des environnements intérieurs sont trop complexes pour être modélisés exactement. Nous admettons aussi que les phénomènes de propagation les plus importants peuvent être capturés par une simulation dans le plan horizontal en négligeant les aspects tridimensionnels. La propagation des ondes entre les étages est laissée pour un développement ultérieur.

L'algorithme utilisé pour la prédiction de la couverture de service a été choisi pour estimer si «cela fonctionne ou non», comme pourrait l'estimer un utilisateur du réseau WiFi mis en place. La prédiction exacte de la puissance reçue n'est pas ici une priorité, bien que l'algorithme présenté dans cet article ait une solide base théorique [1,2,3,4] démontrant son potentiel pour la propagation des ondes radio.

La couverture de service est définie en prenant un seuil au-dessus duquel le débit utilisateur est satisfaisant: par exemple 2 Mbit/s. Un point du plan est considéré couvert si le débit utilisateur est supérieur au seuil choisi. Le cas de plusieurs utilisateurs n'est pas considéré ici: les ressources radio des systèmes WiFi étant partagées, on peut estimer que le débit utile prédit est simplement à partager entre tous les utilisateurs simultanés d'une borne WiFi [5]. Il n'est pas tenu compte ici des débits utiles plus faibles dus aux interférences entre les bornes WiFi utilisant des fréquences proches ou identiques. Les effets de ces cas peuvent être atténués en utilisant une planification des fréquences manuelle ou automatique ([6] ou certains systèmes WiFi).

### L'algorithme PixelFlow

L'algorithme de prédiction de la couverture radio est appelé PixelFlow. Les calculs pour cet algorithme utilisent une version bitmap ou grillagée (figure 1) du plan de l'intérieur des locaux considérés. Les plans vectoriels souvent requis par certains autres logiciels de prédictions ne sont pas utiles ici. En pratique, des plans scannés ou dessinés à la main puis scannés sont souvent les plus simples à utiliser.

Chaque point de la grille du plan des locaux définit pour l'algorithme PixelFlow un nœud. Chaque nœud est séparé de ces voisins par une distance  $\Delta r$ . Un nœud est soit un nœud «source», un nœud «espace libre» ou un nœud «obstacle». Les nœuds obstacle représentent les parois et les murs des bâtiments. Selon le

plan ou le dessin à disposition, des écritures, des flèches et d'autres indications peuvent être prises pour des nœuds obstacles. Ces éléments peuvent être éliminés avec un logiciel de dessin si ces artéfacts pour la propagation sont trop grossiers, mais souvent ces petits éléments n'affectent pas de manière significative les résultats. La carte ou le plan du bâtiment étant prêt, l'algorithme PixelFlow décrit ci-dessous est utilisé.

L'algorithme applique le principe de Huygens à chaque nœud de la grille considérée: ainsi, chaque nœud réémet à ces quatre voisins une onde proportionnelle à l'onde reçue. En chaque nœud de la figure 1, l'algorithme consiste à calculer l'onde représentée par les quatre flux sortants  $f_i^{out}$  au temps  $t+\Delta t$  du nœud en fonction des quatre flux entrants  $f_i^{in}$  au temps  $t$  selon la relation suivante (équation 1). Ces huit flux  $f$  sont représentés à la figure 2.

$$\begin{pmatrix} f_1(x+\Delta r, y, t+\Delta t) \\ f_2(x-\Delta r, y, t+\Delta t) \\ f_3(x, y+\Delta r, t+\Delta t) \\ f_4(x, y-\Delta r, t+\Delta t) \end{pmatrix} = \frac{\beta}{2} \begin{pmatrix} 1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 \end{pmatrix} + \gamma \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} f_1(x, y, t) \\ f_2(x, y, t) \\ f_3(x, y, t) \\ f_4(x, y, t) \end{pmatrix} \quad (1)$$

La somme  $\phi$  des quatre flux sortants (équation 2) définit l'onde qui se propage et satisfait l'équation d'onde discrétisée (et celle continue lorsque  $\Delta r$  tend vers 0) [2,3,4].

$$\phi(x, y, k\Delta t) = \sum_{i=1}^4 f_i^{in}(x, y, k\Delta t) \quad (2)$$

Pour les calculs de prédiction de la couverture par rapport à la position  $(x_s, y_s)$  d'une borne d'accès WiFi, trois types de nœuds sont définis:

*Le nœud source:* pour une source isotrope située au nœud  $(x_s, y_s)$ , les quatre flux sortants sont forcés aux valeurs don-

nées par une source sinusoïdale de période  $T$  et d'amplitude  $\bar{a}$ .

*Les nœuds espace libre:* en accord avec le principe de Huygens, ces nœuds agissent comme des radiateurs isotropes conservant l'énergie incidente. Ainsi,  $\beta=1$  et  $\gamma=0$  dans équation 1.

*Les nœuds obstacle:* pour ces nœuds, les coefficients  $\beta$  et  $\gamma$  sont choisis pour simuler les phénomènes de réflexion, de diffraction et de dispersion. Le coefficient  $\beta$  peut être interprété comme un coefficient de transmission ou de dispersion et le coefficient  $\gamma$  comme un coefficient de réflexion. Dans [4], la conservation d'énergie a été utilisée pour déduire la relation  $\beta^2 + \beta\gamma + \gamma^2 = 1$ . Dans [7,8], une étude détaillée de la réflexion par un mur a été entreprise et a permis de valider les valeurs des coefficients  $\beta$  et  $\gamma$  en fonction de l'atténuation désirée du mur tout en utilisant la relation empirique simplifiée:  $\beta + \gamma = 1$ .

L'algorithme de prédiction PixelFlow calcule la somme des flux sortants  $\phi$  en chaque point du plan à chaque intervalle de temps  $\Delta t$ . L'intégrale sur au moins une période  $T$  de  $\phi^2(x, y, t)$  donne l'intensité du signal reçu  $I(x, y)$  au nœud  $(x, y)$  considéré. La figure 3 présente le résultat de PixelFlow:  $10 \cdot \log I(x, y)$  en utilisant un dégradé de couleur permettant de visualiser les diagrammes d'interférences principalement dus aux réflexions. Dans la figure 3, les traits noirs représentent les murs. Les résultats ainsi obtenus pourraient être directement comparés aux mesures de la puissance reçue (petits carrés

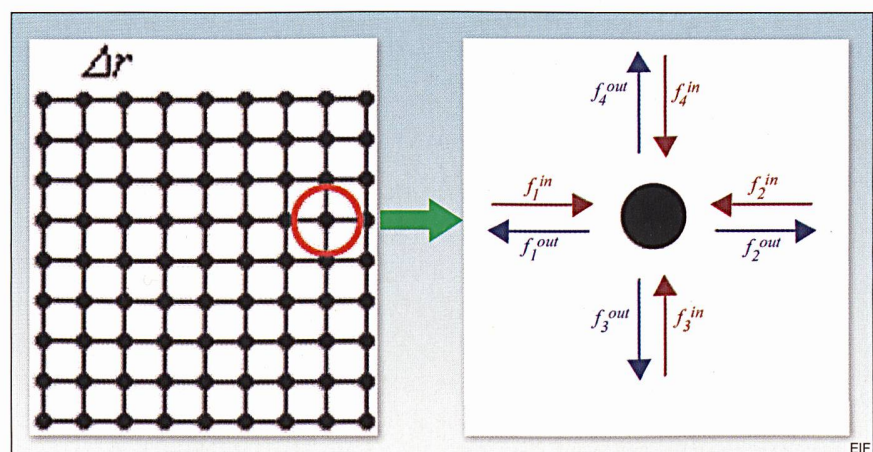


Figure 2 Définition des flux entrants et sortants pour le nœud en  $(x, y)$

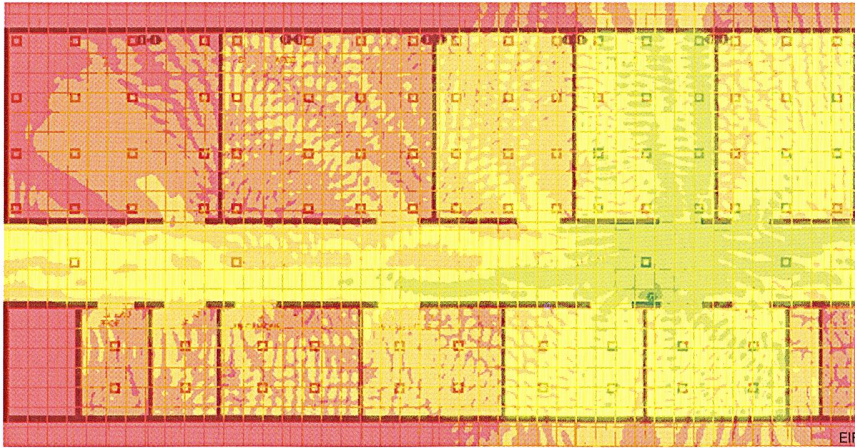


Figure 3 La couverture radio

La couverture radio obtenue en appliquant l'algorithme PixelFlow au plan intérieur d'un bâtiment. Le dégradé de couleur représentant la puissance reçue en dBm est sans importance dans cet exemple, mais les phénomènes complexes de réflexion spéculaire et de diffraction peuvent être observés.

dans figure 3), mais une comparaison avec les mesures de débits utiles a été jugée plus utile pour les utilisateurs et les gestionnaires de réseaux WiFi.

Comme le montre la figure 3, une carte de couverture indiquant d'une manière conventionnelle la puissance du signal reçu peut être fort complexe à interpréter en termes de service offert aux utilisateurs. En effet, l'intensité du signal, bien qu'étant souvent la partie la plus importante de la qualité du signal, ne tient pas compte ni des effets combinés des caractéristiques de l'émetteur et du récepteur, ni du canal multi-chemin, ni des protocoles utilisés. Nous désirons donc développer un algorithme de prédiction présentant les résultats en termes de service et non simplement en termes de puissance reçue.

Pour déterminer les zones couvertes, nous choisissons le débit utile mesuré par l'utilisateur lors de transferts de fichiers, en surfant sur une page web ou en visionnant une vidéo. Le débit est supposé être limité par le canal radio comme c'est le plus souvent le cas. Nous simplifions les résultats en admettant que si le débit est supérieur à un certain seuil, le service est considéré comme acceptable. Les zones offrant un service acceptable seront coloriées en vert, les autres en rouge. Dans la suite de cet article, nous définissons deux types de service:

**Business:** le débit utilisateur est satisfaisant pour surfer des pages web, pour transférer des fichiers de tailles moyennes, pour accéder à un serveur de fichiers ou à son compte e-mail. Le seuil choisi dans ce cas est un débit utilisateur de 2 Mbit/s, mesuré au niveau applicatif.

**Interactif:** le débit utilisateur est satisfaisant pour utiliser des services interac-

tifs (voix, vidéo, streaming, certaines applications temps réel, jeux, etc.). Le seuil choisi dans ce cas est un débit utilisateur de 5 Mbit/s, mesuré au niveau applicatif.

### Mesures

Une campagne de mesure a été entreprise pour obtenir les débits utilisateurs dans différents environnements: une école avec bureaux et salles de classe et un appartement. Les résultats ont été utilisés pour ajuster les paramètres du modèle afin de minimiser une mesure de la précision décrite dans la section suivante.

Un logiciel a été développé spécialement pour mesurer d'une manière fiable le débit obtenu par un utilisateur du lien WiFi dans les environnements considérés. La mesure du débit utile est définie entre un client et un serveur. Le client (un PC portable Dell) est connecté via une

borne WiFi (Cisco Aironet 1100 en mode infrastructure) à un serveur (un PC portable Asus).

Les mesures [7,8] ont été réalisées en analysant les débits utiles obtenus à partir de transfert de données utilisant les protocoles suivants: HTTP/TCP, FTP/TCP, TCP et UDP. Pour chaque protocole, le transfert de données dure environ 10 secondes et chaque mesure est répétée 15 fois afin d'obtenir une valeur moyenne fiable et reproductible du débit utile obtenu par un utilisateur. Pour information, la puissance reçue a aussi été mesurée en utilisant la valeur RSSI (Received Signal Strength Intensity) en dBm fournie pour le pilote de la carte WiFi sur le PC client.

Malgré le calcul d'une moyenne de 15 mesures, le résultat des mesures montre souvent des fluctuations de 2 à 5 dB pour le RSSI. Dans des mesures non reproduites ici par manque de place, des variations de 10 dB ont été enregistrées [7,8] et attribuées aux personnes se déplaçant aux environs de la borne d'accès ou du PC client. Le débit TCP est plus stable, bien que des fluctuations de 1 Mbit/s sur, par exemple, une moyenne de 4 Mbit/s soient possibles. Ces mesures montrent la difficulté de corréler la puissance et le débit utile ressenti par l'utilisateur.

Pour la calibration de l'algorithme de prédiction, la principale campagne de mesures a eu lieu dans l'environnement de salles de classe et de bureaux de l'Ecole d'ingénieurs et d'architectes de Fribourg<sup>4</sup>). Un étage a été choisi pour réaliser une série complète de mesures à 94 endroits différents (les carrés dans les figures 5 et 6). Cet étage contient, d'un côté d'un large couloir, trois grands laboratoires remplis d'appareils de mesures sur des châssis métalliques et deux salles de classe, et de l'autre côté du couloir:

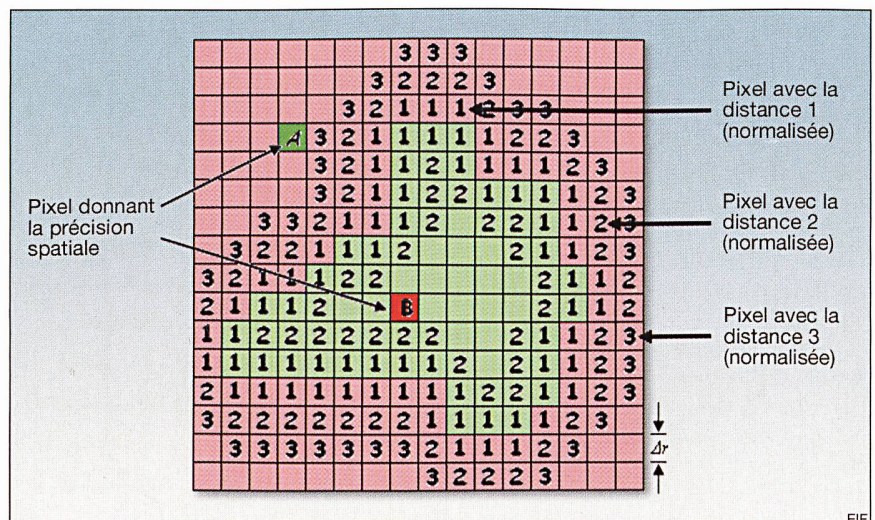


Figure 4 Illustration de la distance normalisée  $\delta_M(x,y)$  utilisée pour le calcul de la précision spatiale M

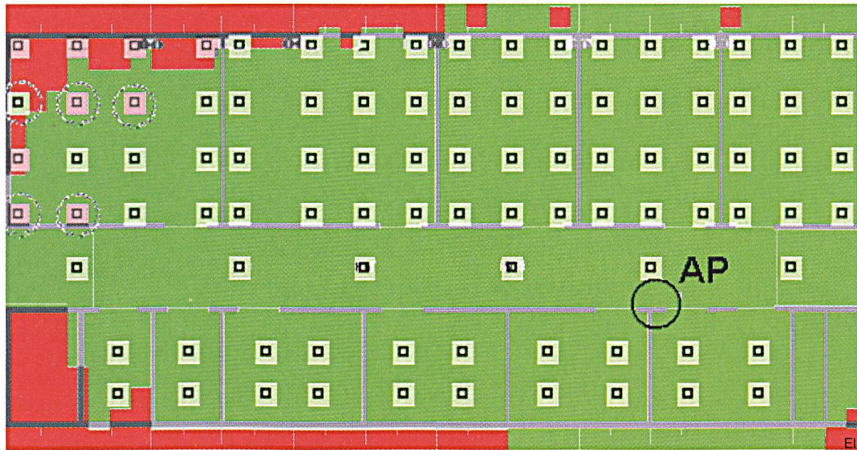


Figure 5 Couverture pour le service Business

La borne WiFi est au centre du cercle noir. Les paramètres PixelFlow sont  $\beta = 0,41$ ,  $\gamma = 0,59$  et  $\bar{a} = 0,3672$ . Superposition des mesures et des prédictions pour le service Business. Les carrés verts représentent les mesures avec une couverture acceptable ( $>2$  Mbit/s), les carrés rouges, une couverture inadéquate. Les 5 cercles en trait tillé montrent les prédictions erronées (sur 94 points de mesures). La précision spatiale  $M$  est de 1,2 m seulement.

sept bureaux classiques de tailles diverses.

Lors des mesures, des essais ont été réalisés pour déterminer les effets de la position et de l'orientation du PC client. Nos mesures tendent à montrer des fluctuations relativement faibles sur une surface d'environ  $1 \times 1$  m<sup>2</sup>. Ainsi, nous admettons une erreur de positionnement de l'ordre du mètre.

Dans la section suivante, la métrique permettant de quantifier les erreurs de prédiction est détaillée et les mesures de cette section sont utilisées pour obtenir quelques résultats préliminaires.

### Métrique et calibration

Habituellement, la qualité d'une prédiction par rapport aux mesures se calcule en utilisant la déviation standard de la différence entre les puissances prédites et mesurées. Cette métrique classique n'est pas applicable dans notre cas où nous désirons comparer les frontières entre les zones couvertes et non couvertes. Une nouvelle métrique a été définie afin d'exprimer en mètre la précision de cette frontière. En considérant les points où les prédictions sont contraires aux mesures (points A et B dans la figure 4), la moyenne des distances de ces points par rapport à la frontière prédite est une mesure de la qualité des prédictions. La définition mathématique de cette nouvelle métrique appelée «précision spatiale» est décrite ci-dessous après quelques définitions préliminaires:

$C_M^X(x, y)$  représente la couverture mesurée (indice M) à la position géographique  $(x, y)$ .

$C_{PF}^X(x, y)$  représente la couverture prédite (indice PF) à la position géographique  $(x, y)$ .

L'exposant  $X$  rappelle le seuil du service. Dans les résultats suivants,  $X = 2$  Mbit/s (service Business) ou 5 Mbit/s (service Interactif).

La distance normalisée  $\delta_M(x, y)$ , en unité de pixel, est calculée selon le schéma de la figure 4 pour tous les pixels où une erreur de prédiction a lieu. La distance  $d_M(x, y) = \delta_M(x, y) \cdot \Delta r$  donne la distance désirée: en effet,  $d_M(x, y)$  donne la distance en mètre entre un point de mesure incorrectement prédit et le point le plus proche sur la frontière de la couverture.

En calculant la moyenne des distances pour tous les  $N$  points erronés, on obtient

la métrique désirée  $M(C_M^X, C_{PF}^X)$  caractérisant la précision spatiale de la couverture prédite:

$$M(C_M^X, C_{PF}^X) = \frac{1}{N} \sum d_M(x, y) \quad (3)$$

On notera qu'il est préférable que la frontière de référence soit celle obtenue par la prédiction (indice PF), car le plus souvent, on ne dispose pas d'assez de points mesurés pour définir une frontière fiable.

Pour illustrer la précision spatiale, un cas très simple est montré à la figure 4. Les carrés couverts sont coloriés en vert. Les carrés non couverts sont coloriés en rouge. Considérons les points A et B où les mesures contredisent les prédictions. Les numéros (1, 2 ou 3) indiquent la distance normalisée  $\delta_M(x, y)$  par rapport à la frontière de la couverture prédite  $C_{PF}^{\text{coverage}}$ .

Dans la figure 4, le point A est à une distance de 4 pixels de la frontière et le point B à une distance de 3 pixels. Ainsi, la précision spatiale  $M$  égale:

$$M(C_M^{\text{coverage}}, C_{PF}^{\text{coverage}}) = \frac{1}{2} (4+3) \Delta r = 3,5 \Delta r \quad (4)$$

En admettant une grille avec  $\Delta r = 0,5$  m, une précision spatiale  $M$  d'environ 1,8 m est obtenue.

La précision spatiale définie ci-dessus quantifie la précision avec laquelle la frontière entre les zones couvertes et non couvertes peut être localisée. Les propriétés de cette mesure de la précision spatiale et des exemples théoriques et expérimentaux du calcul de  $M$  sont décrits dans [7,8].

La calibration des paramètres du modèle de prédiction décrit est obtenue en minimisant la précision spatiale  $M$  en

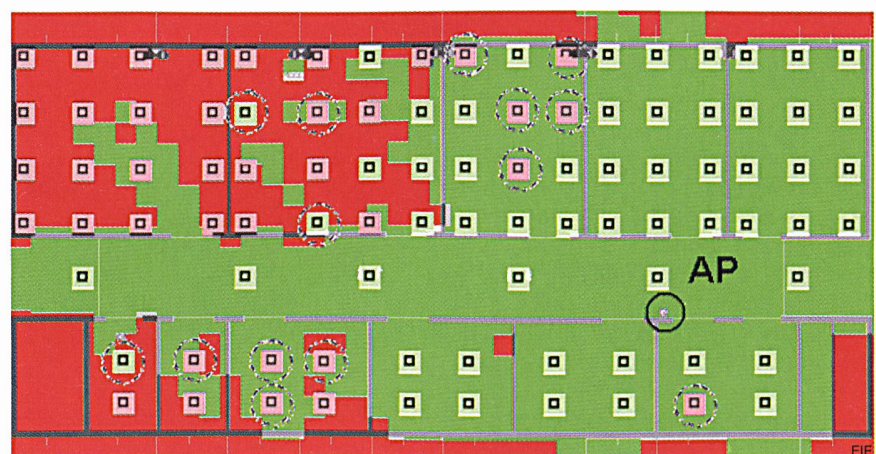


Figure 6 Couverture pour le service Interactif

La borne WiFi est au centre du cercle noir. Les paramètres PixelFlow et les codes de couleurs sont les mêmes que dans la figure précédente. Les 13 cercles en trait tillé montrent les prédictions erronées (sur 94 points de mesures). La précision spatiale  $M$  est d'environ 1,2 m seulement comme dans la figure précédente.

considérant un ensemble de 94 mesures réparties le plus uniformément possible. L'identification des meilleurs paramètres a été réalisée par une recherche exhaustive. Dans le futur, il est envisageable d'obtenir une calibration automatique avec quelques mesures seulement.

Dans le cas des mesures décrit, les meilleurs paramètres sont  $\beta = 0,41$  ( $\gamma = 1 - \beta$ ) et  $\tilde{\alpha} = 0,3672$ . Avec ces paramètres, les résultats sont donnés dans les figures 5 et 6. Les régions où le réseau fonctionne sont colorées en vert, alors que les régions en rouge représentent les régions insuffisamment couvertes pour le débit requis (2 Mbit/s pour le service Business ou 5 Mbit/s pour le service Interactif). La position de la borne WiFi (source) est indiquée par un cercle. La métrique M de distance est égale à  $\sim 1,2$  m dans les deux cas (Business ou Interactif), ce qui indique une précision tout à fait acceptable.

Une vue plus déterministe des erreurs de prédiction est aussi donnée dans les figures 5 et 6. En effet, ces deux figures superposent la prédiction avec les résultats des mesures. Les points où les prédictions sont erronées sont entourés avec un cercle en trait tillé. On peut remarquer que les 5 points erronés sont les plus éloignés de la borne WiFi pour le service Business. Cette remarque n'est pas valide pour le service Interactif qui, de plus, semble montrer une moins grande précision, car il y a 13 points erronés au lieu de 5. Mais il faut se rappeler que la précision spatiale quantifie l'exactitude de la frontière entre les zones couvertes et non-couvertes. Ainsi, dans les deux cas, la précision spatiale M est faible ( $\sim 1,2$  m), car les points erronés sont toujours proches de la frontière et les prédictions sont adéquates dans les deux cas.

## Conclusion

Bien que les mesures utilisées pour la calibration présentée dans cet article ne considèrent qu'un seul étage dans un bâtiment, les résultats obtenus sont encourageants, car il est maintenant possible de répondre facilement aux deux questions typiques d'un planificateur: «dois-je placer une, deux, trois, ... bornes? et où approximativement?». La précision des prédictions rapportées dans cet article permet de prédire les frontières entre les zones couvertes et non-couvertes avec une précision inférieure à 1,5 m pour les 2 services définis ici: un service Business ne nécessitant pas un débit utile supérieur à 2 Mbit/s et un service Interactif nécessitant des débits supérieurs mais sans excéder 5 Mbit/s. Un autre avantage de la méthode de prédictions décrite ici est

qu'elle ne nécessite qu'une description assez approximative de l'environnement: un plan sur papier ou dessiné à la main puis scanné suffit. Plus de détails sont disponibles dans [7] et [8] ou auprès des auteurs.

## Références

- [1] P.B. Johns, R.L. Beurle: Numerical solution of 2-dimensional scattering problems using a transmission-line matrix. Proc. of IEEE, Vol. 118, Sept. 1971.
- [2] W. J. R. Hoefler: The transmission-line matrix method theory and applications. IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, MTT-33(10):882-893, October 1985.
- [3] P. O. Luthi, B. Chopard, J.-F. Wagen: Wave Propagation in Urban Microcells: a Massively Parallel Approach Using the TLM Method. Lecture Notes in Computer Science; Vol. 1041 archive Proceedings of the Second International Workshop on Applied Parallel Computing, Computations in Physics, Chemistry and Engineering Science. Ed. Springer-Verlag, 408-418, 1995. ISBN:3-540-60902-4.
- [4] P. O. Luthi: Lattice Wave Automata: from radio wave to fracture propagation. PhD thesis, Advisor: B. Chopard, Computer Science Department, Univ. of Geneva, 1998.
- [5] J.-F. Wagen: Unpublished results obtained during a practical classroom work using the netperf software with eight laptops served by a single access point, Nov. 2004.
- [6] F. Gamba, J.-F. Wagen, D. Rossier: Towards Adaptive WLAN Frequency Management Using Intelligent Agents. Lecture Notes in Computer Science. 2865 / 2003. Ad-hoc, Mobile and Wireless Networks: Second International Conference, ADHOC-NOW2003. 8-10 October 2003, Montreal, Canada. Springer-Verlag Heidelberg. ISBN 3-540-20260-9, p. 116-127.
- [7] N. Echenard: Logiciel de prédiction des couvertures pour les réseaux sans fil. Master Thesis, Swiss Federal Institute of Technology (EPFL), Oct. 2005.
- [8] N. Echenard, J.-F. Wagen: WLAN Service Coverage Based on PixelFlow Predictions. In: 4<sup>th</sup> International Conference. WWIC 2006. 10-12 May 2006, Berne, Switzerland. Lecture Notes in Computer Science 3970, Springer. ISBN 3-540-34023-8, p. 259-274.
- [9] F. Gardiol: Electromagnétisme, Traité d'Electricité Vol. 3, PPUR, 2004. ISBN 2-88074-508-X.

## Informations sur les auteurs

**Nicolas Echenard** est ingénieur EPF en système de communication. Il a obtenu son diplôme en 2005 en réalisant des travaux sur la prédiction de couverture des réseaux WLAN en partie exposé dans cet article. Après avoir travaillé comme développeur, il a l'intention de poursuivre une formation postgrade à l'EPFL au sein du Laboratoire d'électromagnétisme et d'acoustique dans le courant 2007.

EPFL, 1015 Lausanne, nicolas.echenard@epfl.ch

Dr. **Jean-Frédéric Wagen** est en charge du groupe de compétences «Systèmes Mobiles» à la HES-ISO/Ecole d'ingénieurs et d'architectes de Fribourg. Depuis le début 2000, il enseigne la téléinformatique et les télécommunications mobiles. Prof. D' Wagen sert comme expert à la délégation suisse au «Joint Communication Board» de l'ESA. Après avoir obtenu son diplôme d'ingénieur à l'EPFL en 1982, il a accumulé des expériences académiques (MS et PhD aux USA) et dans l'industrie (GTE Labs, USA et Swisscom Innovations, CH) dans les domaines de la propagation radio, la planification des réseaux radio, des systèmes

mobiles et sans fil, des services fixes/mobiles et leur déploiement, ainsi que, à l'EIA-FR, dans la recherche appliquée et le développement de prototypes.  
Ecole d'ingénieurs et d'architectes de Fribourg,  
1705 Fribourg, jean-frederic.wagen@eif.ch

<sup>1)</sup> Une borne d'accès WiFi est aussi souvent appelée point d'accès ou AP (pour Access Point en anglais) ou parfois très familièrement «antenne», bien que les antennes ne soient qu'une partie d'une borne d'accès.

<sup>2)</sup> Faire, par exemple, une recherche sur le web avec les mots clés «wireless prediction tool».

<sup>3)</sup> Les systèmes WiFi suivent principalement les standards IEEE 802.11b et g. Ces standards sont basé sur un protocole d'accès CSMA similaire à l'ethernet mais sans détection de collision, compensé en partie par les accouplements de couche 2. La couche physique est basée sur différentes modulations plus ou moins complexes avec étalement de spectre offrant selon l'éloignement et l'environnement des débits radio de 1 à 54 Mb/s. Le débit utile pour l'utilisateur est, selon les conditions, légèrement ou largement inférieur, bien que la plupart des constructeurs d'équipements WiFi recommandent une puissance reçue supérieure à  $-80$  ou  $-70$  dBm pour une «bonne» couverture.

<sup>4)</sup> www.eif.ch

## Zusammenfassung

### Vorausberechnung der WLAN-Abdeckung

WLAN im Gebäude. Drahtlose Datenetze erfreuen sich in den Unternehmen wachsender Beliebtheit. Durch Optimierung der Abdeckung bei gleichzeitiger Minimierung der Anzahl notwendiger Access Points lassen sich Kosteneinsparungen erzielen. Dieser Beitrag beschreibt ein Modell zur Voraussage der Netzabdeckung in Bezug auf den nutzbaren Datendurchsatz statt nach der herkömmlichen Messung der Empfangsfeldstärke. Die zur Berechnung notwendigen Pläne lassen sich scannen oder sogar von Hand zeichnen. Der eingesetzte Algorithmus weist trotz der nötigen Annäherungen zur Beschreibung einer oft komplexen Umgebung eine ausreichende Genauigkeit aus. Die vorausberechneten bzw. gemessenen Abdeckungsbereiche werden unter Einsatz einer neuen Messmethode zur Quantifizierung der räumlichen Ungenauigkeit miteinander verglichen. Die bisher erzielten Ergebnisse zeigen, dass das Modell besonders geeignet scheint, eine effiziente Installation drahtloser Netze in Gebäuden zu erleichtern.