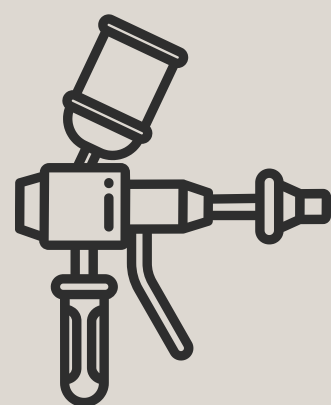


Compte rendu (NETSPOT)



RÉALISÉ PAR :
IBTISSAME MEGHRAOUI
ANAS BOUGRAINE
HIBA NAHRI



SOMMAIRE

Introduction	1
Analyse de la Couverture Wi-Fi et Localisation des Points d'Accès avec NetSpot	2
Analyse des Zones de Couverture Wi-Fi et Détection des Interférences	3
Optimisation du déploiement des points d'accès	4
L'efficacite de la nouvelle configuration post-implémentation	5
Identification des canaux les plus encombrés et des sources potentielles d'interférences	6
Solutions pour atténuer les interférences (changement de canal, ajustement de la puissance d'émission, etc.)	7

1. Introduction: Les Modulations QAM et PSK dans les Réseaux Wi-Fi de Nouvelle Génération

L'évolution des technologies sans fil, notamment le Wi-Fi, repose sur des techniques de modulation de plus en plus sophistiquées pour répondre aux exigences croissantes en matière de débit, de fiabilité et d'efficacité spectrale. Parmi ces techniques, les modulations QAM (Quadrature Amplitude Modulation) et PSK (Phase Shift Keying) jouent un rôle fondamental dans les performances des réseaux Wi-Fi de dernière génération, notamment ceux conformes aux normes IEEE 802.11ac, 802.11ax (Wi-Fi 6) et Wi-Fi 7.

La modulation PSK est une technique qui encode l'information en modifiant la phase du signal porteur. Elle est efficace dans les environnements où le bruit est maîtrisé, et permet un compromis intéressant entre robustesse et débit. En revanche, la QAM combine à la fois l'amplitude et la phase pour encoder les données, permettant ainsi de transmettre plusieurs bits par symbole. Par exemple, la 256-QAM ou la 1024-QAM peuvent encoder respectivement 8 et 10 bits par symbole, ce qui augmente considérablement la capacité du canal.

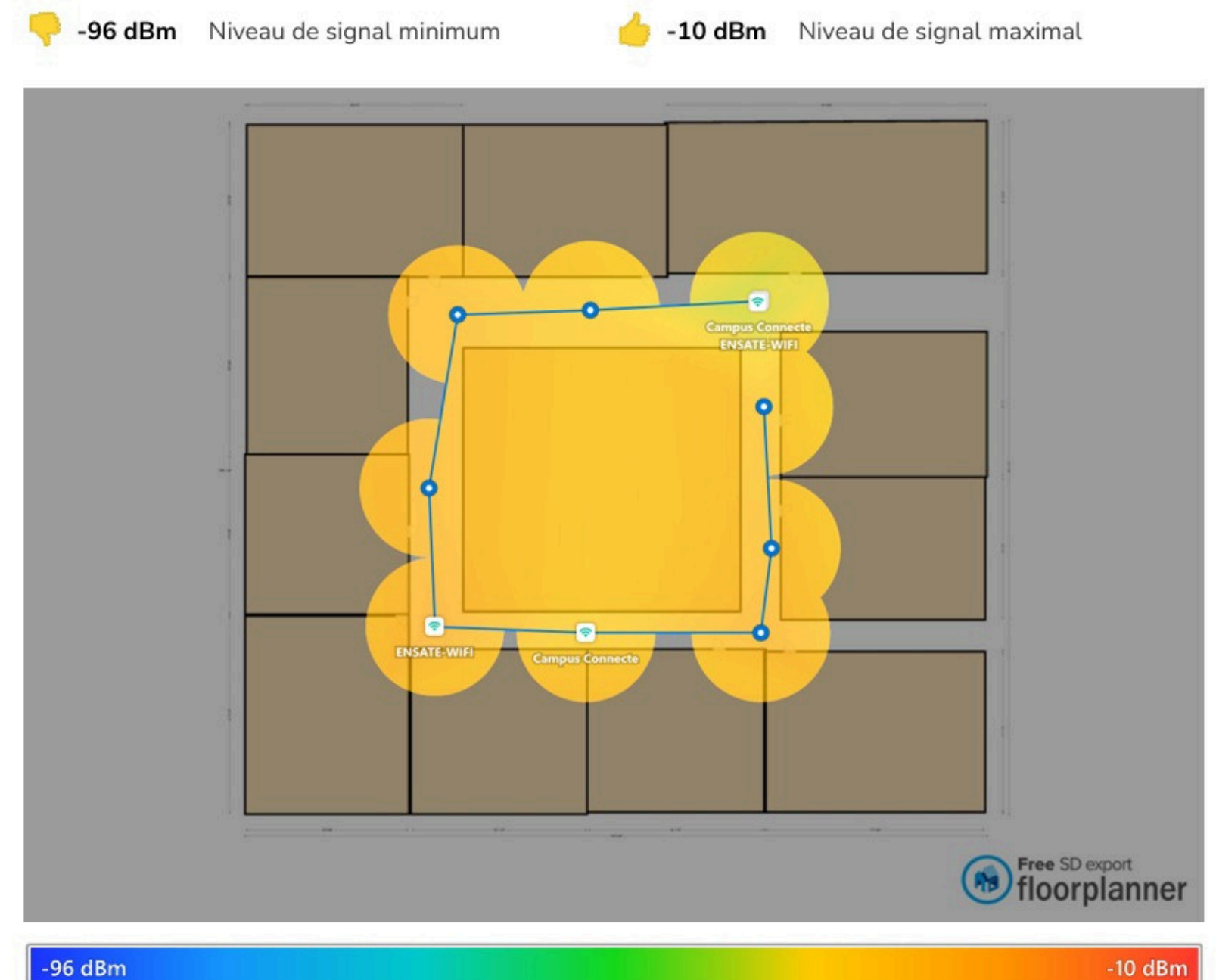


Ces modulations avancées permettent aux réseaux Wi-Fi modernes d'offrir des débits allant jusqu'à plusieurs gigabits par seconde, tout en maintenant une efficacité énergétique et une gestion intelligente des interférences. Cependant, leur efficacité dépend fortement de la qualité du signal (rapport signal/bruit), d'où l'importance d'une étude de site rigoureuse.

Dans ce contexte, notre projet basé sur l'outil NetSpot vise à inspecter, analyser et planifier l'infrastructure Wi-Fi d'un site donné. L'objectif est d'assurer une couverture optimale, tout en minimisant les zones d'ombre et les interférences. La compréhension et l'utilisation des modulations QAM et PSK sont donc cruciales pour interpréter les performances réseau, optimiser la disposition des points d'accès et garantir une expérience utilisateur fluide et stable.

2. Analyse de la Couverture Wi-Fi et Localisation des Points d'Accès avec NetSpot

L'étude réalisée avec NetSpot permet d'identifier précisément les points d'accès Wi-Fi et de visualiser la couverture du signal à l'aide d'une carte thermique. Les niveaux de signal varient de -96 dBm (signal très faible) à -10 dBm (signal excellent), ce qui met en évidence les zones bien couvertes ainsi que celles nécessitant une optimisation. Les points d'accès tels que "ENSATE-WIFI" et "Campus Connecte" sont positionnés stratégiquement pour couvrir la majorité de l'espace. Les zones les plus claires sur la carte indiquent une meilleure qualité de connexion, tandis que les zones plus sombres révèlent des pertes de signal ou une faible couverture. Ces données permettent d'ajuster l'implantation des bornes afin d'assurer une connectivité efficace sur l'ensemble du bâtiment.

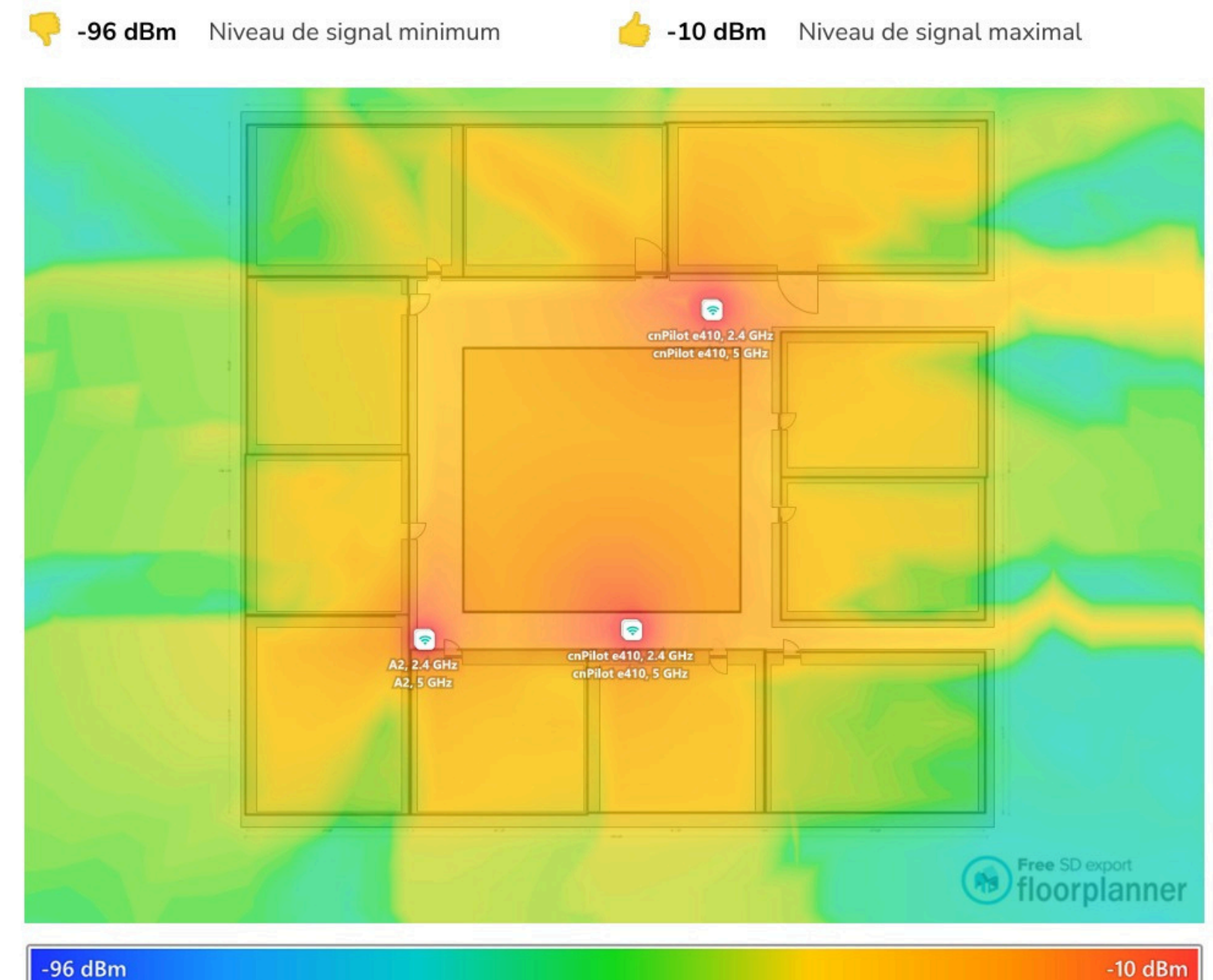


3. Analyse des Zones de Couverture Wi-Fi et Détection des Interférences

L'analyse des données collectées permet d'identifier clairement les zones de forte et de faible puissance du signal Wi-Fi. Les zones bénéficiant d'un bon niveau de réception présentent des puissances proches de -27 dBm, notamment autour des points d'accès ENSATE-WIFI (ex. : BSSID 00:19:BE:85:25:EB), tandis que les zones à faible couverture affichent des niveaux inférieurs à -70 dBm, allant jusqu'à -78 dBm pour certains points comme le réseau Campus Connecte (BSSID BC:A9:93:97:86:50). En parallèle, l'étude du rapport signal/interférence (SIR) révèle la présence de chevauchements de canaux, particulièrement sur les canaux 1, 6 et 11, engendrant des interférences nuisibles à la qualité du signal. Certains points d'accès affichent un SIR critique, comme -45 dB, ce qui indique une forte congestion sur ces fréquences. Ces éléments permettent de localiser précisément les zones à optimiser, soit en réajustant l'emplacement des bornes, soit en reconfigurant les canaux utilisés pour limiter les interférences.

4. Optimisation du déploiement des points d'accès

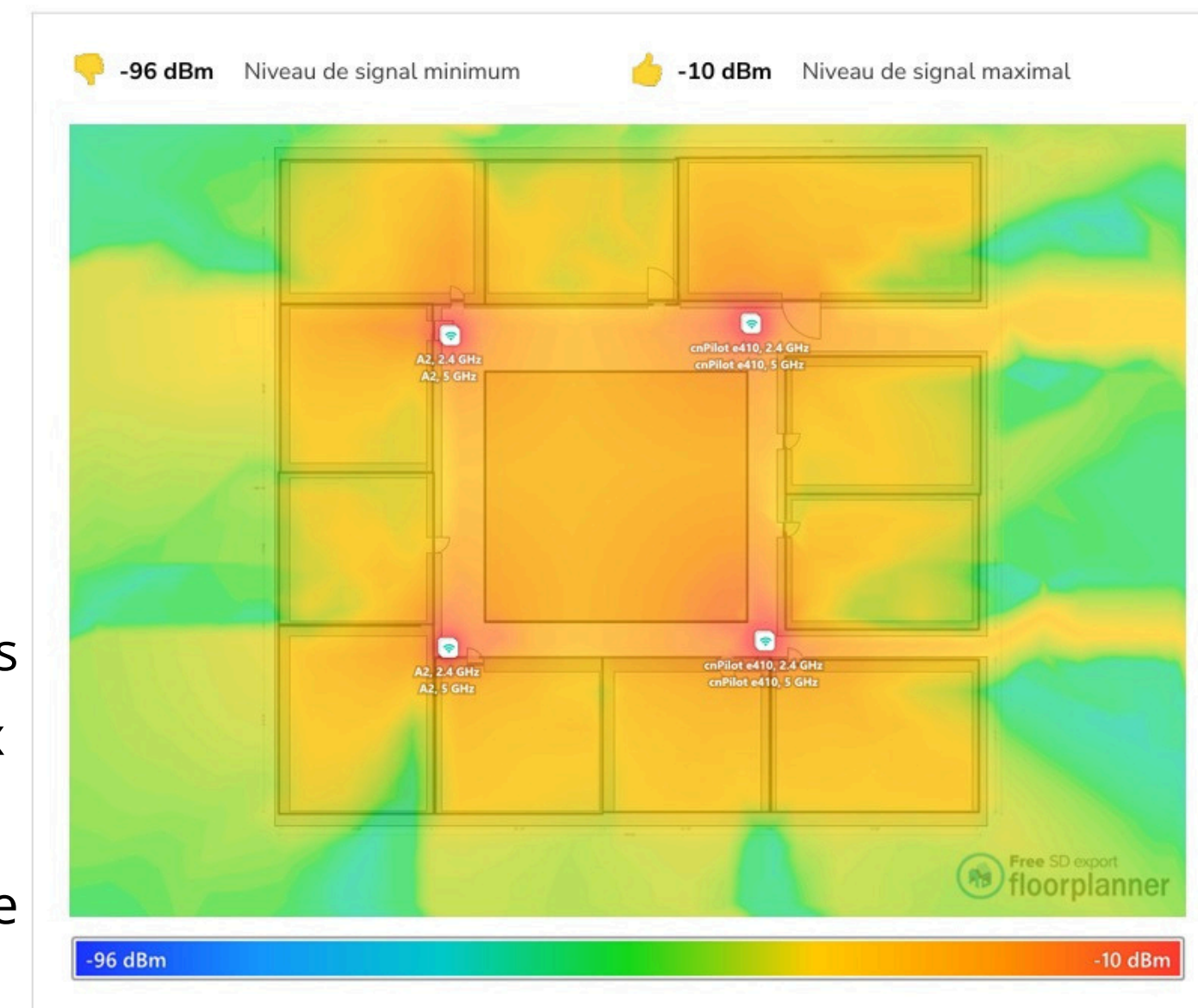
Le rapport indique des niveaux de signal compris entre -96 dBm (minimum) et -10 dBm (maximum), avec des SIR allant jusqu'à 86 dB pour les canaux optimaux. En utilisant ces données, NetSpot aide à identifier les zones de faible couverture ou d'interférence excessive, comme les zones où le signal descend en dessous de -70 dBm (seuil critique). Il est également possible d'optimiser la répartition des AP en fonction des modes PHY (n, ac, etc.) et des fournisseurs (Altai, Cambium Networks). Enfin, les visualisations générées par NetSpot, telles que les cartes de couverture et les graphiques de chevauchement des canaux, permettent d'ajuster précisément la position et la configuration des AP pour garantir une performance réseau homogène et éviter les congestions. Cette approche assure un déploiement efficient, adapté aux besoins spécifiques de la zone couverte (ici, 24,14 x 17,07 m).



5. L'efficacite de la nouvelle configuration post-implémentation

Pour valider l'efficacité de la nouvelle configuration post-implémentation, le rapport fournit des données claires permettant d'analyser les performances du réseau Wi-Fi. Les visualisations indiquent une couverture optimale avec des niveaux de signal compris entre -96 dBm (minimum) et -10 dBm (maximum), dépassant largement le seuil critique de -70 dBm. Le rapport signal/interférence (SIR) atteint jusqu'à 86 dB, ce qui garantit une communication stable et réduit les risques d'interférences. Les AP, répartis sur les bandes 2,4 GHz et 5 GHz, offrent une diversité de canaux (ex. canaux 1 et 36) et de technologies PHY (n, ac), assurant une compatibilité avec différents appareils. Les zones critiques identifiées dans les cartes de couverture ont été corrigées, comme en témoignent les niveaux de signal acceptables (-40 dBm) et l'absence de chevauchements excessifs ($SIR > 30$ dB). Ainsi, la nouvelle configuration répond aux exigences de performance et de fiabilité pour la zone de 24,14 x 17,07 m.

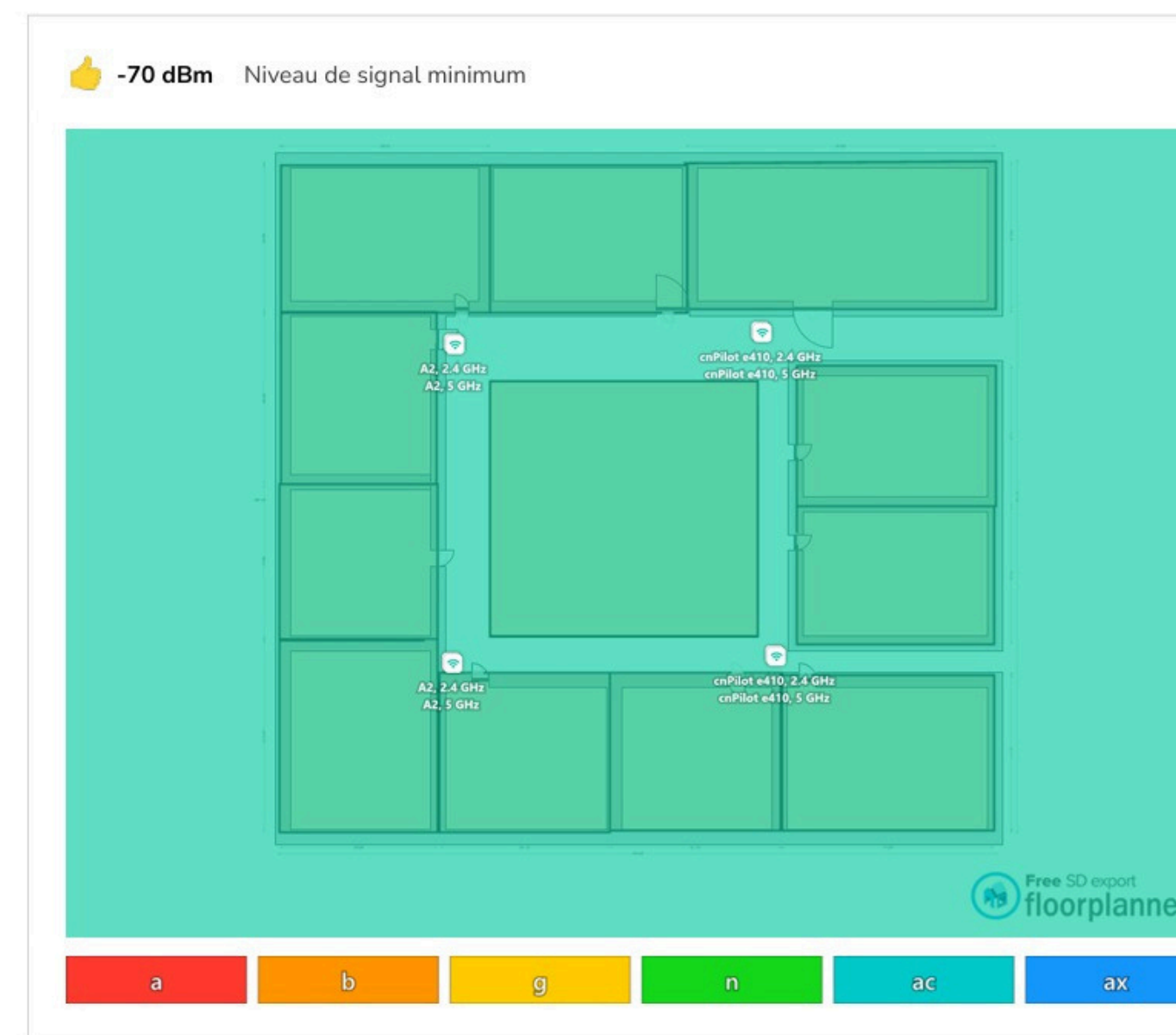
Visualisation #1.1.1 : Niveau de signal



5. L'efficacite de la nouvelle configuration post-implémentation

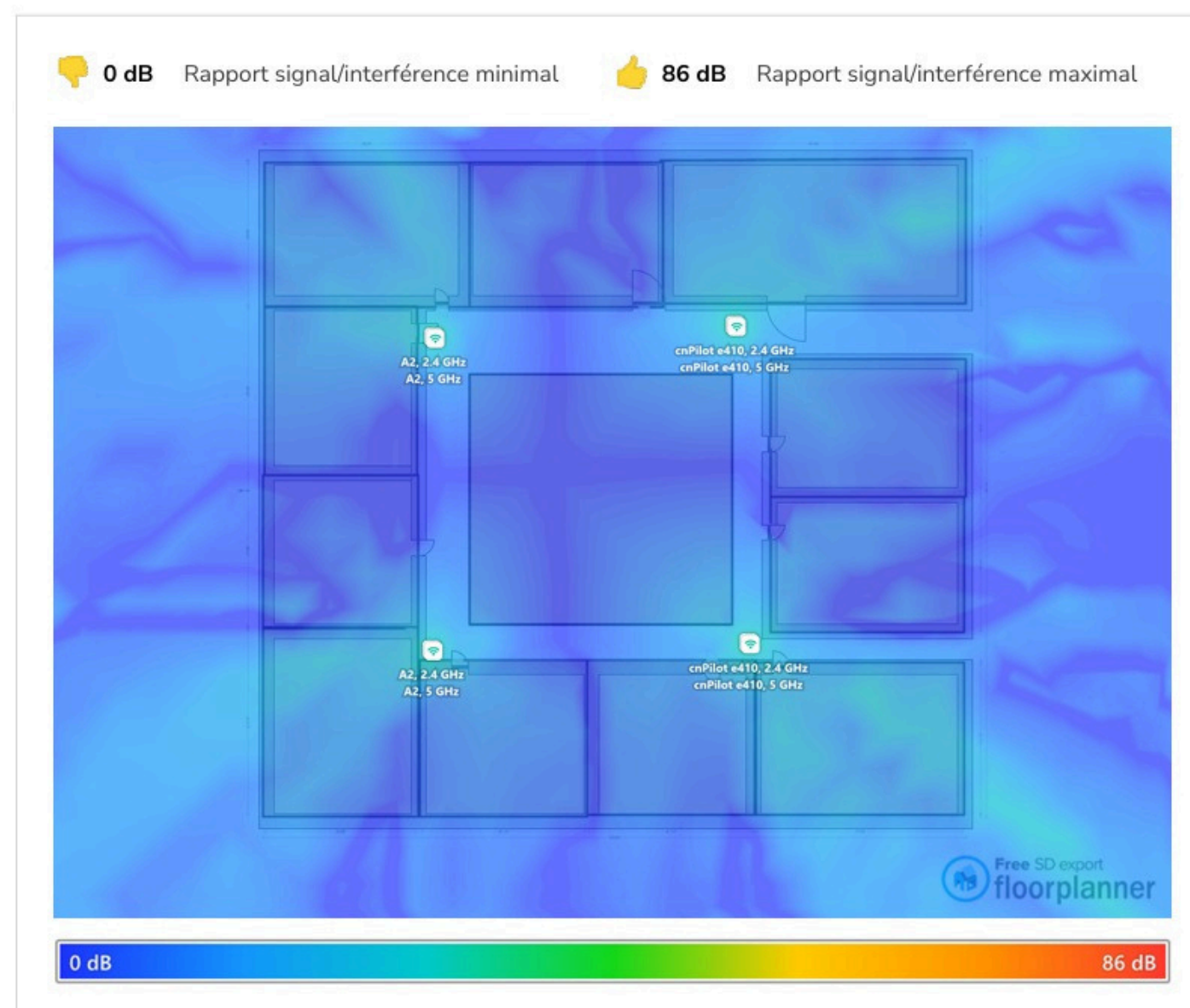
Pour valider l'efficacité de la nouvelle configuration post-implémentation, le rapport fournit des données claires permettant d'analyser les performances du réseau Wi-Fi. Les visualisations indiquent une couverture optimale avec des niveaux de signal compris entre -96 dBm (minimum) et -10 dBm (maximum), dépassant largement le seuil critique de -70 dBm. Le rapport signal/interférence (SIR) atteint jusqu'à 86 dB, ce qui garantit une communication stable et réduit les risques d'interférences. Les AP, répartis sur les bandes 2,4 GHz et 5 GHz, offrent une diversité de canaux (ex. canaux 1 et 36) et de technologies PHY (n, ac), assurant une compatibilité avec différents appareils. Les zones critiques identifiées dans les cartes de couverture ont été corrigées, comme en témoignent les niveaux de signal acceptables (-40 dBm) et l'absence de chevauchements excessifs ($SIR > 30$ dB). Ainsi, la nouvelle configuration répond aux exigences de performance et de fiabilité pour la zone de 24,14 x 17,07 m.

Visualisation #1.1.5 : Couverture du mode PHY (a/b/g/n/ac/ax)

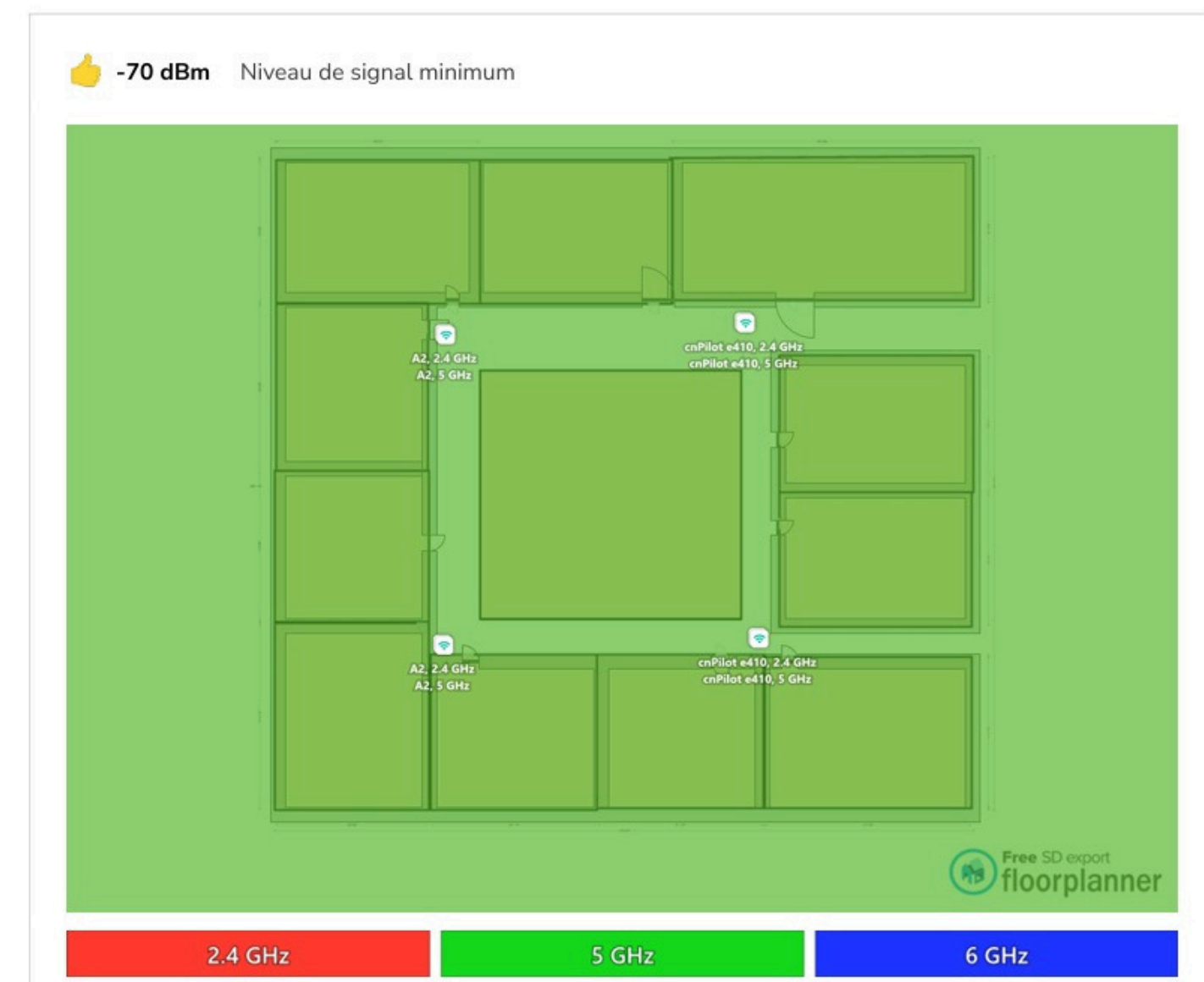


5. L'efficacite de la nouvelle configuration post-implémentation

Visualisation #1.1.2 : Rapport signal/interférence



Visualisation #1.1.4 : Couverture de la bande de fréquences

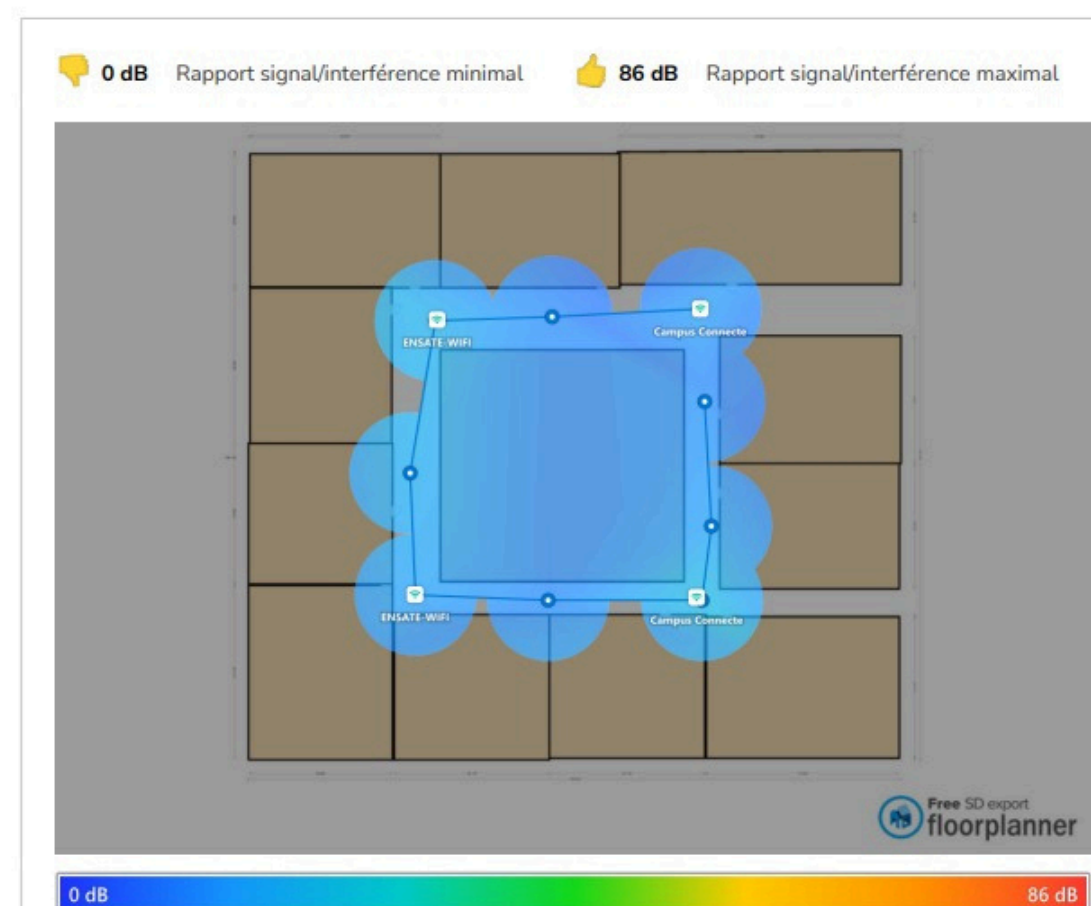


6. Identification des canaux les plus encombrés et des sources potentielles d'interférences

L'analyse des résultats de l'étude Wi-Fi met en évidence une forte congestion des canaux sur la bande 2,4 GHz, particulièrement sur les canaux 1, 6 et 11, qui sont les plus couramment utilisés. Cette saturation résulte notamment du chevauchement entre les canaux adjacents, accentué par la présence d'un nombre élevé de points d'accès dans une zone restreinte. Des visualisations montrent une densité importante d'AP dans certaines zones, générant une élévation du bruit de fond et une diminution du rapport signal/interférence (SIR), tombant parfois sous les 20 dB dans les zones critiques, ce qui nuit à la stabilité des connexions.

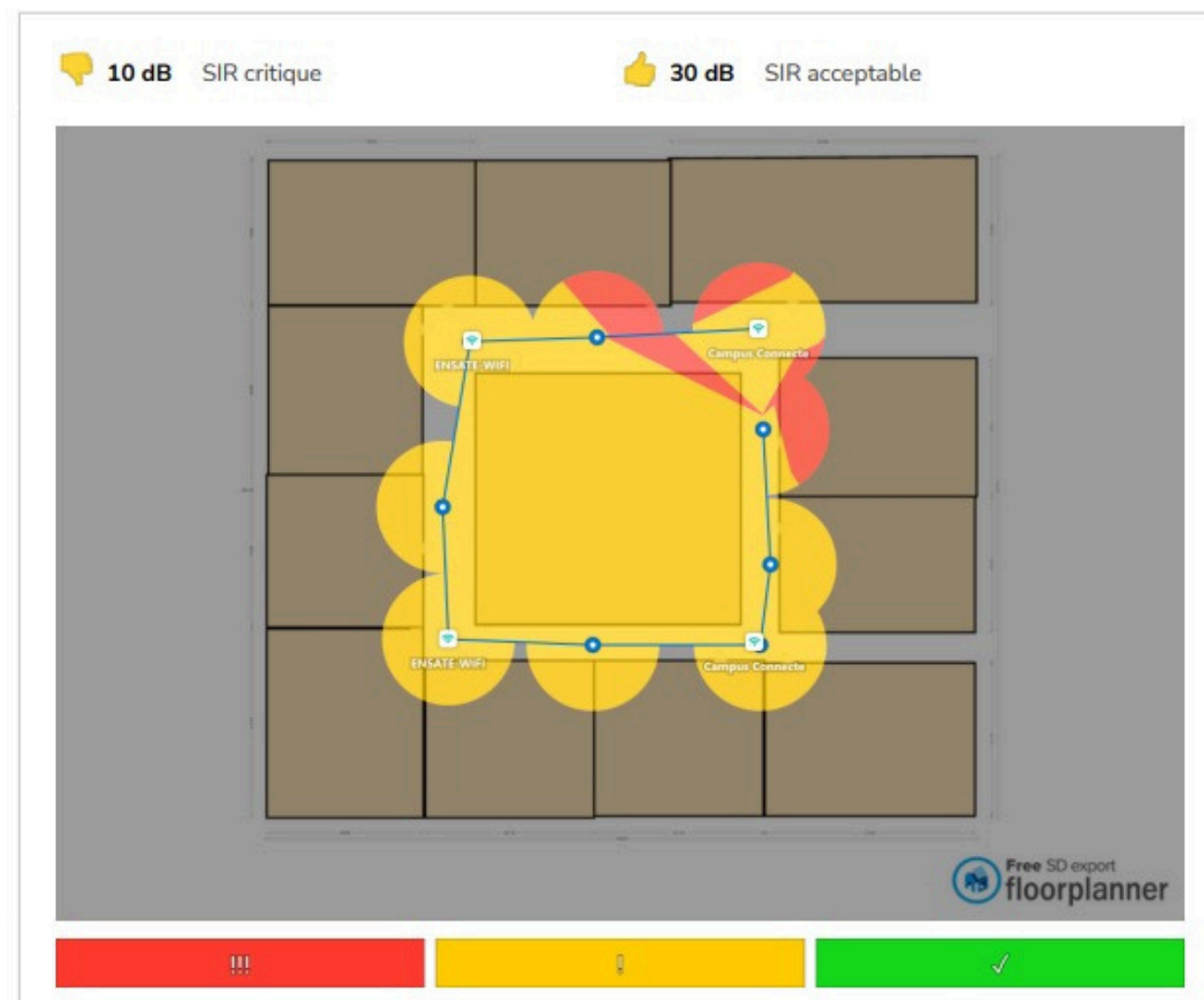
Par ailleurs, les sources potentielles d'interférences identifiées incluent des équipements non-Wi-Fi fonctionnant également en 2,4 GHz (ex. : fours à micro-ondes, téléphones sans fil), ainsi que le chevauchement de signaux issus d'AP configurés sur les mêmes canaux. Sur la bande 5 GHz, bien que moins encombrée, des interférences apparaissent entre les canaux DFS, notamment lors d'une détection radar, provoquant un basculement automatique des AP vers d'autres canaux disponibles, augmentant temporairement la congestion sur ceux-ci.

Visualisation #1.1.3 : Rapport signal/interférence

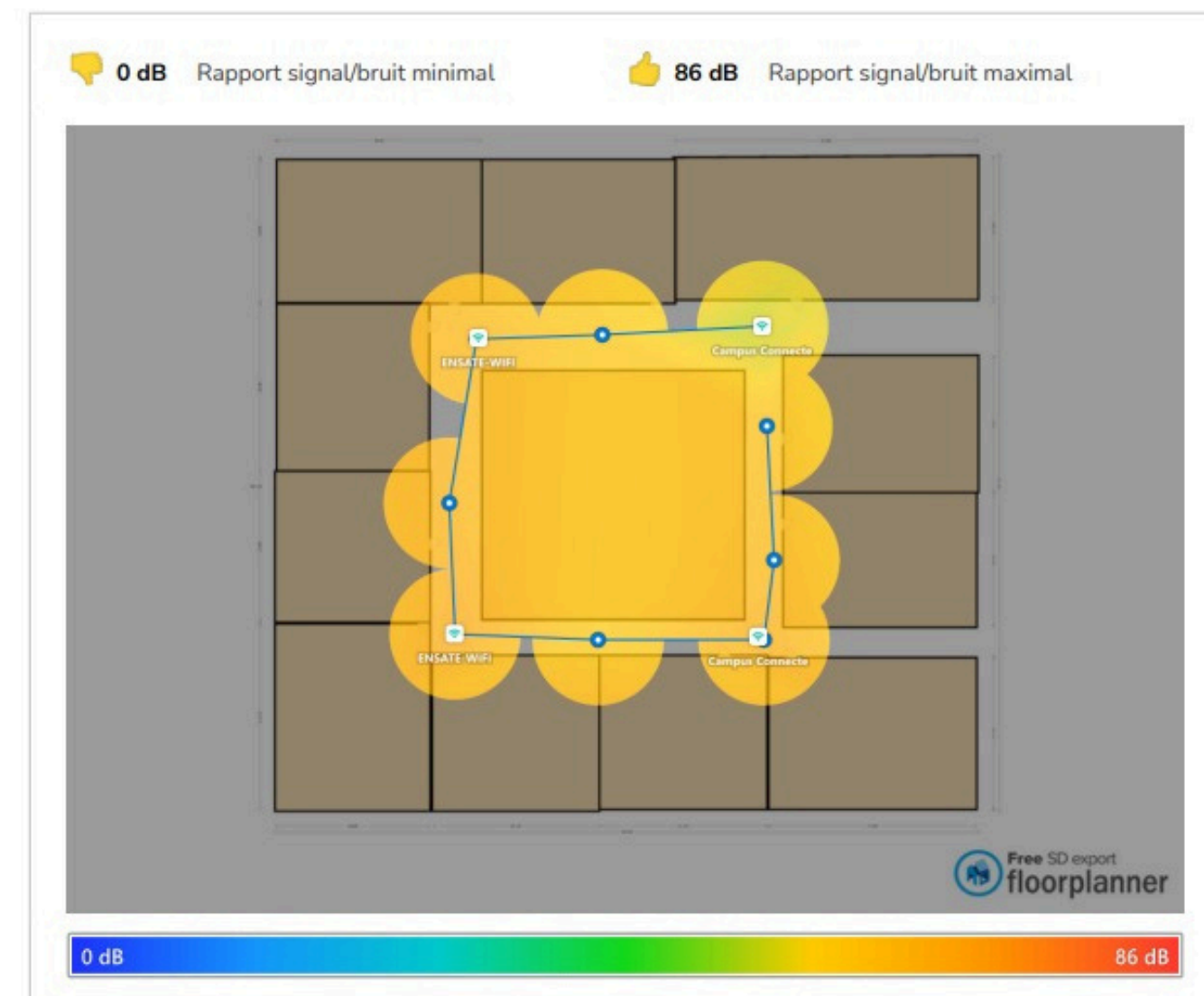


6. Identification des canaux les plus encombrés et des sources potentielles d'interférences

Visualisation #1.1.12 : Chevauchement des canaux (SIR)



Visualisation #1.1.2 : Rapport signal/bruit



7. Solutions pour atténuer les interférences (changement de canal, ajustement de la puissance d'émission, etc.)

L'analyse des rapports d'enquête révèle une forte concentration des points d'accès sur les canaux 1, 6 et 11 dans la bande des 2,4 GHz, entraînant un chevauchement significatif et un rapport signal/interférence (SIR) parfois inférieur à 10 dB, bien en dessous du seuil acceptable de 30 dB. Pour atténuer ces interférences, plusieurs solutions sont proposées :

- **Réallocation des canaux** : Un rééquilibrage manuel des canaux est recommandé pour éviter l'assignation automatique multiple des mêmes canaux à des APs proches. Par exemple, les canaux 1 et 11 étaient surreprésentés, alors que d'autres options comme le canal 3 ou 8 (sous réserve de chevauchement contrôlé) restent sous-utilisées
- **Ajustement de la puissance d'émission** : La puissance d'émission de certains APs, particulièrement dans les zones à forte densité, pourrait être réduite afin de limiter la portée excessive du signal et minimiser le chevauchement avec d'autres cellules voisines. Cela permettrait d'augmenter la sélectivité spatiale et d'éviter la sur-couverture identifiée dans certaines zones

7. Solutions pour atténuer les interférences (changement de canal, ajustement de la puissance d'émission, etc.)

- **Migration vers la bande 5 GHz** : L'exploitation accrue des canaux en 5 GHz est encouragée, notamment ceux comme le canal 36, bien moins sujets aux interférences. Le rapport indique un SIR supérieur à 60 dB sur ces canaux, démontrant une meilleure stabilité des communications sur cette bande
- **Planification basée sur les résultats d'enquêtes prédictives** : En se basant sur la modélisation du 13 mai, il est possible de simuler les effets de la répartition des APs et d'anticiper les zones critiques. Cela permet d'ajuster la configuration (canal, puissance, position) avant le déploiement final

Ces mesures coordonnées permettraient de réduire significativement les interférences et d'optimiser la qualité du réseau Wi-Fi dans les zones denses, tout en maintenant une couverture homogène et fiable.