



LIVRE BLANC

RÉSEAUX

SANS-FIL À HAUTE
DENSITÉ POUR LES
LIEUX PUBLICS : DÉFIS
ET MEILLEURES
PRATIQUES

par Vladan Jevremovic, PhD

Sortie le 26 janvier 2015

01. INTRODUCTION

À mesure que les téléphones mobiles deviennent plus abordables, les habitudes d'utilisation des abonnés continuent d'évoluer. La deuxième génération (2G) de téléphonie mobile était principalement axée sur les appels vocaux en déplacement ; la troisième génération (3G) était axée sur l'accès aux courriels et l'envoi de messages textuels courts lorsque l'on se trouve loin de son bureau. La quatrième génération (4G) se concentre sur l'accès à l'internet en déplacement, comme à partir d'un bureau. Alors que les utilisateurs de services vocaux peuvent passer un appel en déplacement, au restaurant ou même à la maison, les gros utilisateurs de l'internet sont susceptibles de naviguer sur le web ou de télécharger des données lorsqu'ils sont inactifs : lorsqu'ils se rendent au travail ou en reviennent en utilisant les transports publics, lorsqu'ils sont assis dans un terminal d'aéroport, lorsqu'ils font une pause dans une aire de restauration d'un centre commercial, ou à la mi-temps d'un événement sportif dans un stade ou une arène. Où qu'ils soient, les gens semblent souvent occupés avec leur smartphone, regardant des vidéos ou vérifiant les mises à jour de leur statut.

02. PROBLÈME

Les opérateurs sans fil sont conscients que l'expérience de l'utilisateur dépend de la possibilité d'accéder au réseau dans les lieux publics, et ils investissent dans les réseaux de lieux publics pour améliorer la couverture et la capacité. La plupart des fonds sont alloués aux lieux où la densité d'abonnés est la plus élevée, tels que :

- \ Aéroports
- \ Stades et arènes
- \ Transports publics souterrains (métros)
- \ Centres commerciaux.

Bien que chacun des quatre types susmentionnés ait ses propres exigences en matière de conception et de mise en œuvre, ils partagent de nombreux facteurs communs. Comme il s'agit dans les quatre cas de lieux publics, le réseau du lieu doit fournir des signaux à plusieurs fournisseurs de services sans fil (FSSF) opérant dans la zone. Dans de nombreux cas, le gestionnaire du lieu peut également exiger que les signaux radio à ressources partagées de la sécurité publique ("premiers intervenants") et de l'exploitation du bâtiment soient acheminés sur le réseau. Les réseaux IEEE 802.11, communément appelés Wi-Fi, sont devenus si populaires que les gestionnaires de lieux insistent pour les inclure également. Ces participants aux réseaux des lieux sont communément appelés "locataires du réseau".

03. SOLUTION

Afin de fournir des services aux locataires du réseau, un réseau hôte neutre capable de prendre en charge une large gamme de technologies sans fil et de bandes de fréquences doit être construit sur le site. Le réseau doit également être capable de fournir des signaux de forte puissance aux antennes de desserte dans les lieux où la distance entre les abonnés et les antennes est importante, comme dans les stades de football. Le meilleur choix pour ces réseaux est un système d'antennes distribuées (DAS) où l'infrastructure du réseau (câbles de transmission, amplificateurs de puissance et antennes) est partagée entre les locataires du réseau. Les secteurs des stations émettrices-réceptrices de base (BTS) des locataires sont situés à l'intérieur du site, à un endroit communément appelé "hôtel de la station de base". À l'hôtel de la station de base, les signaux RF sont transmis des secteurs BTS à la tête de réseau DAS. La tête de réseau combine les signaux RF et les transporte via un réseau DAS intermédiaire vers des antennes situées à distance et disséminées dans le lieu. Il existe trois types de DAS qui diffèrent par le type de réseau intermédiaire qui relie la tête de réseau aux antennes distantes : passif, actif et hybride.

3.1 DAS PASSIF

Un DAS passif se compose d'une tête de réseau, d'un réseau passif intermédiaire et d'antennes distantes. Au niveau de la tête de réseau, les signaux provenant de plusieurs stations de base sont reçus et combinés en un seul signal. Ce signal composite est ensuite divisé par des diviseurs de puissance en plusieurs signaux composites parallèles qui sont envoyés aux antennes distantes via un réseau passif. Le réseau passif se compose de câbles coaxiaux, de séparateurs et de diviseurs de puissance. La figure 1 illustre le DAS passif.

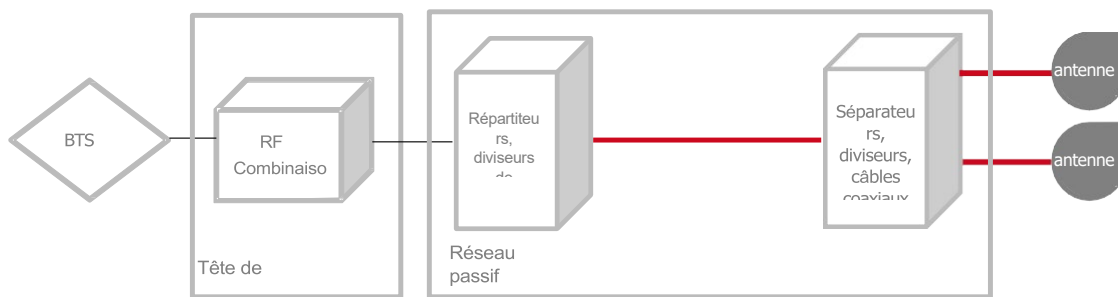


Figure 1 : Schéma d'un DAS passif

Les stations de base utilisées dans cette configuration sont généralement des stations de base macro avec une puissance d'émission de 20 W (43 dBm). Une puissance d'émission élevée est nécessaire pour surmonter les pertes passives entre la BTS et les antennes distantes puisqu'il n'y a pas d'amplificateurs RF intermédiaires dans le réseau. Les câbles coaxiaux utilisés dans le réseau passif ont généralement un diamètre de 1/2" ou 3/4" ; ces derniers ont une atténuation plus faible par mètre mais sont plus chers et plus difficiles à installer car ils sont plus grands et moins flexibles.

Bien qu'un DAS passif soit moins coûteux à déployer et à entretenir qu'un DAS actif ou hybride, son principal inconvénient est la distance limitée entre les BTS et les antennes, dictée par les limitations des pertes passives. Ce point est expliqué plus en détail à la section 5.3.

3.2 DAS ACTIF

Un DAS actif se compose d'une tête de réseau, d'un réseau actif intermédiaire et d'antennes distantes. Comme pour les DAS passifs, la tête de réseau reçoit des signaux de plusieurs BTS et les combine en un seul signal RF. Le réseau actif reçoit le signal RF composite, le convertit en signal optique, le divise en plusieurs signaux optiques parallèles et les envoie via des câbles à fibres optiques plus loin dans le réseau. Lorsque le signal optique arrive à proximité de la zone de couverture cible, il est converti en signal numérique et envoyé via des câbles de télévision par câble (CATV) à des amplificateurs de puissance numériques/RF, également connus sous le nom d'unités distantes (RU). Au niveau de l'unité distante, le signal numérique est converti en radiofréquence et amplifié. Chaque antenne déportée est située juste à côté de son UR et y est reliée par un court câble de liaison RF (0,5-1 m). La figure 2 illustre le DAS actif.

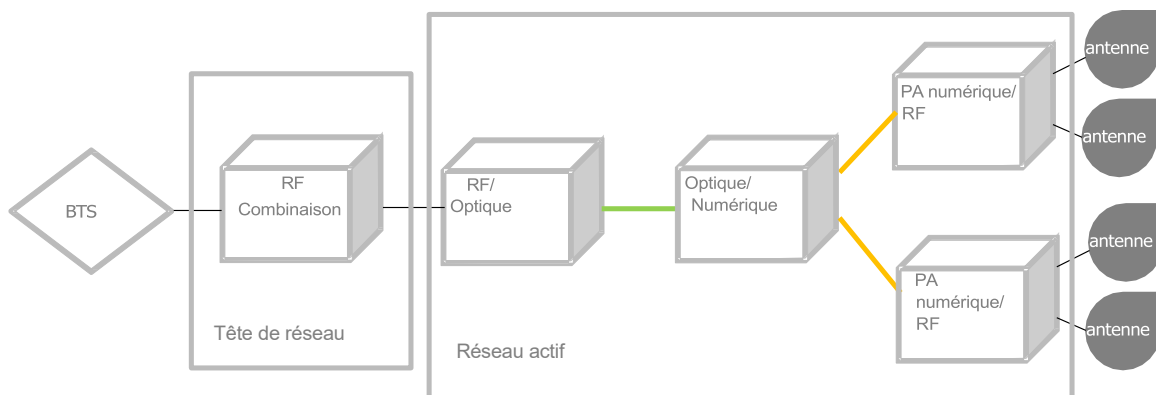


Figure 2 : Schéma d'un DAS actif

La distance maximale entre les convertisseurs RF/optique et optique/numérique est déterminée par le budget de la liaison optique. Le bilan de liaison dépend du type de câble à fibres (multimode ou monomode) et du type de connecteurs optiques utilisés, mais il est généralement de l'ordre de quelques kilomètres. La distance maximale entre le convertisseur optique/numérique et l'UR dépend du type de câble CATV utilisé, car certains types de câbles CATV ont moins d'atténuation par mètre que d'autres ; les câbles CATV types sont RG-6, RG-11 et RG-59. Le gain du système entre le convertisseur optique/numérique et l'EF peut, dans une large mesure, annuler l'affaiblissement du câble CATV entre les deux.

Comme les antennes distantes se trouvent à proximité immédiate des amplificateurs de puissance, la puissance isotrope rayonnée équivalente (PIRE) des antennes est uniforme, ce qui facilite la conception et la planification des DAS actifs. Enfin, comme l'amplificateur de puissance ré-amplifie le signal RF, il n'est pas nécessaire que le signal du BTS soit aussi puissant que dans un DAS passif. Ceci est important pour les réseaux LTE et est expliqué plus en détail dans la section 5 ci-dessous, "Meilleures pratiques communes".

Un DAS actif présente deux inconvénients majeurs. Le premier est le coût de déploiement et de maintenance du réseau. Le coût de déploiement de la première UR dans un DAS est élevé, tandis que l'ajout d'UR ultérieures rend le DAS progressivement moins onéreux. Par conséquent, il est rarement rentable de déployer un DAS actif dans les petites salles. Le deuxième inconvénient concerne l'alimentation électrique des UR, car l'alimentation en courant alternatif des sites éloignés augmente le coût total de l'installation. Dans certains cas, au lieu de l'alimentation en courant alternatif, les EF peuvent être alimentées en courant continu par le biais du cuivre, à condition qu'un câble composite fibre/cuivre soit déployé. La distance maximale sur laquelle l'alimentation en courant continu peut être envoyée à une EF dépend du calibre du fil de cuivre et des exigences de l'EF en matière d'alimentation en courant continu. Le calibre des fils de cuivre est généralement de 12, 14, 16 et 18 AWG [1], tandis que les exigences en matière d'alimentation électrique vont de 12 VCC [2] à 75 VCC [3].

3.3 DAS HYBRIDE

Un DAS hybride se compose d'une tête de réseau, d'un réseau hybride intermédiaire et d'antennes distantes. Comme pour les réseaux DAS décrits ci-dessus, la tête de réseau reçoit des signaux de plusieurs BTS et les combine en un seul signal RF. Un réseau actif reçoit ce signal et le convertit en signal optique, puis divise le signal optique en plusieurs signaux optiques parallèles et les envoie par des câbles à fibre optique plus loin dans le réseau jusqu'aux unités distantes. Au niveau des unités distantes, le signal numérique est converti en RF, amplifié et divisé en un petit nombre de signaux RF parallèles à l'aide de diviseurs de puissance. Les signaux RF sont envoyés par des câbles coaxiaux aux antennes distantes. Dans certains lieux, tels que les tunnels, des câbles rayonnants peuvent être utilisés à la place des câbles coaxiaux et des antennes distantes. La figure 3 illustre le DAS hybride.

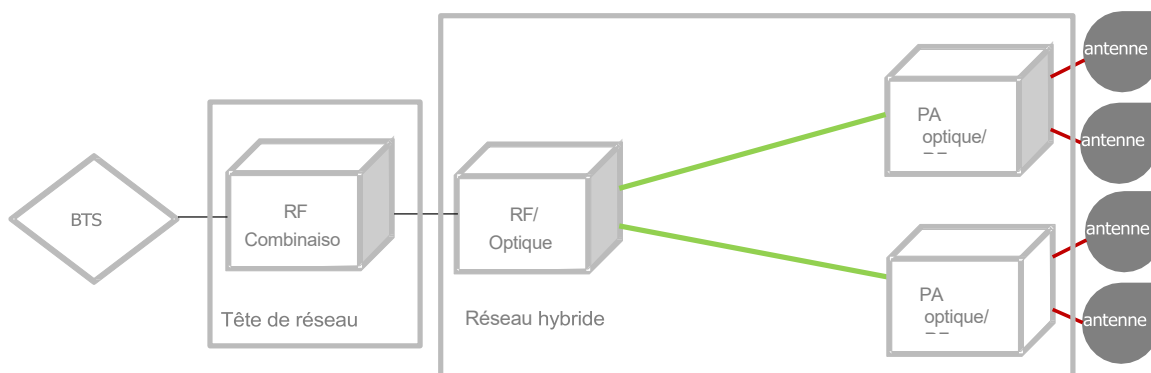


Figure 3 : Schéma du DAS hybride

La présence d'éléments passifs (câbles coaxiaux, câbles rayonnants) entre les antennes et les UR ajoute une atténuation au signal de sortie de l'UR, ce qui rend la PIRE inégale au niveau des antennes. Toutefois, l'élimination de la conversion optique/numérique simplifie le système DAS hybride, qui comporte moins d'éléments de réseau actifs. Elle sépare également l'EF de l'antenne, ce qui permet de monter les EF dans des armoires de télécommunications, plus loin des antennes. Les distances habituelles entre l'EF et l'antenne varient de 10 à 50 mètres en fonction de l'environnement de propagation des radiofréquences.

04. EXIGENCES COMMUNES EN MATIÈRE DE CONCEPTION

Bien que chaque lieu public ait ses propres exigences en matière de conception et de mise en œuvre, ils ont de nombreux points communs, développés dans les paragraphes suivants.

4.1 MULTI-PORTEURS (HÔTE NEUTRE)

Les trois types de réseaux les plus souvent inclus dans les réseaux de lieux publics sont les suivants :

- \ Réseaux commerciaux de téléphonie mobile
- \ Réseaux mobiles privés
- \ Réseaux Wi-Fi

Pour que le réseau soit moins cher et plus facile à déployer et à entretenir, ces réseaux partagent le matériel dans la mesure du possible. Le réseau partagé est communément appelé réseau "hôte neutre". Les réseaux mobiles commerciaux et privés ont généralement plus d'un locataire dans le réseau hôte neutre.

Les réseaux mobiles commerciaux sont exploités par des fournisseurs de services mobiles, et les fournisseurs de services mobiles qui opèrent dans la même bande de fréquences partagent souvent des amplificateurs de puissance dans les unités d'accueil. Étant donné que la puissance de sortie est partagée de manière égale entre tous les canaux RF actifs dans la bande, l'ajout de canaux supplémentaires diminue la puissance de sortie par canal, ce qui réduit la couverture pour tous les FSSF dans la bande. Pour éviter cela, il est important d'inclure un équipement de point d'interface (POI) entre la source du PSF et le réseau hôte neutre, car le POI limite la quantité totale de puissance allouée à chaque PSF. Cela permet de s'assurer qu'un fournisseur de services sans fil qui ajoute des canaux actifs est le seul fournisseur de services sans fil affecté par ce changement.

Les premiers intervenants et les services d'exploitation et de maintenance des sites fonctionnent comme des réseaux privés. Ce type de réseau utilise la technologie des radios bidirectionnelles et son champ d'application est généralement plus étendu, car il doit couvrir des zones non accessibles au grand public. Il s'agit par exemple des quais de livraison, des salles électriques et des salles d'équipement, ainsi que des zones auxquelles il faut accéder lors de l'entretien périodique de l'installation.

Avec l'augmentation de l'utilisation des données par les consommateurs, les réseaux Wi-Fi sont devenus très populaires en tant qu'alternative peu coûteuse à la couverture des données cellulaires. Cette technologie est désormais couramment incluse dans les réseaux d'immeubles et est souvent utilisée pour décharger le trafic de données cellulaires. Wi-Fi est un nom commun pour les technologies IEEE 802.11 qui ont été développées pour fournir un service de réseau local sans fil. Le Wi-Fi est généralement déployé et exploité par un établissement afin d'améliorer l'expérience des clients et de faire de la publicité. Bien que le Wi-Fi soit techniquement un locataire du réseau du lieu public, en raison des contraintes de transmission, il ne partage que des antennes distantes avec les autres locataires.

42 MULTI-BAND

Les réseaux hôtes neutres transmettent à la fois des bandes sous licence et des bandes sans licence. Le nombre et le type de bandes sous licence et sans licence, duplex à répartition en fréquence (DRF) ou duplex à répartition dans le temps (DRT), varient selon les régions, comme le résume le tableau 1.

AMÉRIQUE DU NORD	EUROPE	ASIE
VHF FDD (150 MHz)	VHF FDD (150 MHz)	VHF FDD (150 MHz)
UHF FDD (450 MHz)	UHF FDD (450 MHz)	UHF FDD (450 MHz)
Sécurité publique FDD (800 MHz)	Cellulaire FDD (900 MHz)	Sécurité publique FDD (800 MHz)
4G FDD (700 MHz)	PCS FDD (1,8 GHz)	Cellulaire FDD (850 MHz)
Cellulaire FDD (850 MHz)	AWS FDD (1,9/2,1 GHz)	UMTS FDD (1,7/1,8 GHz)
AWS FDD (1,7/2,1 GHz)	4G TDD (2,6 GHz)	PCS FDD (1,9 GHz)
PCS FDD (1,9 GHz)	2,4 GHz TDD (Wi-Fi)	UMTS FDD (1,9/2,1 GHz)
2,4 GHz TDD (Wi-Fi)	5,7 GHz TDD (Wi-Fi)	4G TDD (2,3 GHz)
5,7 GHz TDD (Wi-Fi)		4G FDD (2,5 GHz)
		2,4 GHz TDD (Wi-Fi)
		5,7 GHz TDD (Wi-Fi)

Tableau 1 : Bandes de fréquences typiques des réseaux de lieux publics

4.2.1 BANDES LICENCIÉES

Les bandes actuellement autorisées dans le monde vont de 700 MHz à 2,6 GHz. Si différentes régions du monde peuvent utiliser le même nom pour une bande de fréquences, la fréquence d'exploitation n'est pas forcément la même. Plus important encore, certains spectres, comme la 4G, sont FDD en Amérique du Nord et TDD en Europe et en Asie. Il est clair que si l'avènement du LTE a contribué à rationaliser la technologie mobile dans le monde entier, il n'a rien fait pour rationaliser la fréquence d'exploitation ou le type de spectre sous licence réservé aux réseaux mobiles.

Les bandes VHF (150 MHz) et UHF (450 MHz) sont principalement utilisées pour les communications radio bidirectionnelles entre le personnel d'exploitation et de maintenance des sites, et occasionnellement pour la sécurité publique. La bande SMR (800 MHz) est utilisée exclusivement pour la sécurité publique. Le déploiement de la bande VHF dans les réseaux hôtes neutres des lieux publics est rare et peut accroître la complexité, car il est difficile de trouver des équipements DAS de qualité qui incluent la bande 150 MHz.

La conséquence de la nécessité de couvrir une large gamme de bandes de fréquences est qu'un DAS actif peut avoir des valeurs différentes dans différentes bandes de fréquences pour la planéité du gain, la distorsion d'intermodulation maximale (IMD) et le point d'interception du troisième ordre à l'entrée (IP3 à l'entrée) [3].

4.2.2 BANDES SANS LICENCE

Les bandes sans licence les plus courantes sont deux bandes ISM : 2,4 GHz et 5,7 GHz. Ces bandes sont partagées avec d'autres appareils tels que les fours à micro-ondes et les liaisons point à point, et sont utilisées pour diverses technologies Wi-Fi (802.11a, b/g, n, ac). L'encombrement croissant de ces bandes a rendu nécessaire la coordination/planification des fréquences lors de la planification des réseaux Wi-Fi.

4.3 MULTITECHNOLOGIE

Les réseaux de lieux publics utilisent plusieurs technologies sans fil. Comme les exigences de linéarité des amplificateurs de puissance diffèrent selon les technologies, il en va de même pour la puissance de sortie maximale [3]. Le type et le nombre de technologies varient selon les régions, mais les plus courantes dans le monde sont le GSM, l'UMTS, le LTE et le Wi-Fi (802.11). En Amérique du Nord, CDMA2000 et EvDo sont courants, tandis que PHS et AXGP sont présents en Asie. Occasionnellement, le WiMAX (802.16e) est présent dans le monde entier. Les systèmes radio à ressources partagées les plus couramment utilisés par les premiers intervenants et le personnel d'exploitation des sites sont TETRA, Tait, Motorola iDEN et Ericsson EDACS. Le tableau 2 résume les technologies les plus courantes en Amérique du Nord, en Europe et en Asie.

AMÉRIQUE DU NORD	EUROPE	ASIE
Système de radiocommunication dans les coffres	Système de radiocommunication dans les coffres	Système de radiocommunication dans les coffres
GSM	GSM	GSM
UMTS (WCDMA)	UMTS (WCDMA)	UMTS (WCDMA)
HSPA	HSPA	HSPA
CDMA2000	LTE	CDMA2000
EvDo	802.11	EvDo
LTE		LTE
802.11		WiMAX
		PHS
		AXGP
		802.11

Tableau 2 : Technologies courantes mises en œuvre dans les lieux publics

05. MEILLEURES PRATIQUES COMMUNES

Bien que chaque type de lieu public ait ses propres bonnes pratiques, ils en partagent certaines qui sont développées dans les paragraphes suivants.

5.1 PIM (INTERMODULATION PASSIVE)

L'intermodulation passive (PIM) est un phénomène qui se produit dans les dispositifs passifs (câbles, séparateurs, antennes, etc.) où deux ou plusieurs signaux de forte puissance se mélangent. Lorsque l'amplitude du signal augmente, les effets de l'intermodulation deviennent plus perceptibles. Si le signal parasite tombe dans la gamme de fréquences de la liaison montante, il peut augmenter le niveau de bruit, dégrader la qualité du signal et réduire la capacité de la liaison montante. Les réseaux de lieux publics sont particulièrement vulnérables car de nombreux signaux se propagent par les câbles et les antennes, et aussi parce que certains lieux publics, comme les stades et les arènes, utilisent des amplificateurs de grande puissance.

Les sources de MIP peuvent être externes ou internes. Une source PIM externe peut être créée si une antenne est située à proximité de boulons ou de supports rouillés, tels que des conduits de climatisation [4]. Les sources internes de MIP se trouvent au niveau du conducteur. Pour localiser une source de MIP, il est recommandé de tapoter légèrement les antennes et les connecteurs pendant les tests de MIP pour voir si un pic de MIP se produit. Il est essentiel de procéder à des inspections périodiques de la MIP et de veiller à la propreté des antennes et de l'équipement pour assurer le bon fonctionnement des réseaux hôtes neutres.

Un mauvais connecteur est un connecteur mal fixé au câble coaxial ou un connecteur corrodé. Lorsqu'un mauvais connecteur est identifié, il doit être déconnecté, démonté et inspecté pour vérifier qu'il n'est pas endommagé ou contaminé. Lors du remontage des connecteurs, il faut veiller à ne pas les tordre. Les petites rayures causées par la torsion peuvent générer à la fois un ROS et un MIP. Le serrage des connecteurs doit être effectué à l'aide d'une clé dynamométrique. Un couple de serrage insuffisant laissera des espaces qui peuvent causer des perturbations électromagnétiques ; un couple de serrage excessif peut endommager le connecteur central.

Les câbles coaxiaux provoquent une MIP s'ils sont endommagés ou mal terminés. Si les câbles coaxiaux sont coupés lors de l'installation, il faut veiller à éliminer les débris du câble, car les débris à l'intérieur d'un connecteur peuvent créer une MIP. Pour terminer correctement les câbles, il faut utiliser un outil de serrage de connecteur afin de régler correctement la profondeur de la broche centrale. Il est recommandé d'utiliser des connecteurs DIN 7/16 pour la terminaison, car ils sont spécialement conçus pour contrer la MIP et sont donc préférables aux connecteurs de type N.

52 CONCEPTION DE LA LIAISON DESCENDANTE

Le bruit thermique dans le LTE est référencé au bloc de ressources physiques (PRB), qui a une largeur de canal de 180 kHz. Le bruit thermique rapporté au PRB équivaut à 121 dBm. Si le signal PIM est maintenu au moins 6 dB plus bas que le bruit thermique (-127 dBm), le signal PIM et le bruit thermique combinés sont d'environ -120 dBm. La différence entre le bruit thermique et le bruit thermique combiné avec la MIP est de 1 dB, ce qui signifie que la présence de la MIP augmente le niveau de bruit de 1 dB. Cette augmentation du bruit est jugée acceptable, et l'objectif est donc de maintenir la MIP à -127 dBm ou moins dans les réseaux LTE.

Dans les réseaux passifs UMTS, le secteur BTS transmet à pleine puissance, 20 W (43 dBm) par canal, afin de surmonter les pertes passives du réseau. Dans ces réseaux, la valeur PIM requise des combineurs utilisés au niveau de la tête de réseau lorsque deux signaux porteurs de 43 dBm sont appliqués doit être de 155 dBc [5], soit 155 décibels en dessous du signal porteur d'entrée. Le niveau PIM acceptable pour l'UMTS est donc de $43 - 155 = -112$ dBm.

Étant donné que le niveau acceptable de MIP du LTE (-127 dBm) est inférieur au niveau acceptable de MIP de l'UMTS (-112 dBm), la puissance d'émission du LTE par PRB doit également être inférieure à la puissance d'émission de l'UMTS par canal. Pour les réseaux LTE, des combineurs d'une valeur nominale de 162 dBc à une puissance d'entrée de 2x35 dBm sont utilisés au niveau de la tête de réseau [5]. Ces combineurs sont en mesure de répondre aux exigences du LTE en matière de MIP, puisque $35 - 162 = -127$ dBm. Il convient de noter que la puissance d'émission maximale du LTE par PRB (35 dBm) est inférieure de 8 dB à la puissance d'émission maximale de l'UMTS par canal (43 dBm). Si l'on suppose que la PIRE de l'antenne est la même dans les réseaux DAS passifs UMTS et LTE, cela signifie que, dans les réseaux LTE, l'affaiblissement passif maximal du réseau est réduit de 8 dB. Si la perte passive du réseau est réduite de 8 dB, le DAS passif LTE aura besoin de plus de secteurs que le DAS passif UMTS pour couvrir la même zone.

Contrairement aux DAS passifs, dans les DAS actifs et hybrides, le signal sectoriel de la BTS est réamplifié dans le réseau DAS avant d'être envoyé aux antennes distantes. C'est pourquoi le signal sectoriel de la BTS peut être confortablement réduit à des niveaux inférieurs pour satisfaire aux exigences de la MIP LTE au niveau de la tête de réseau sans avoir d'incidence sur le rayon de couverture de l'antenne distante ou sur le nombre de secteurs.

53 UPLINK DESIGN

Pour les réseaux LTE, une faible latence et des débits de données élevés sont la clé de la satisfaction du client. Pour atteindre des débits de données élevés, le rapport SINR doit être élevé. La figure 4 montre la relation entre le débit de données sur la liaison montante (UL) par bloc de ressources physiques (PRB) et le rapport signal/bruit (SNR).

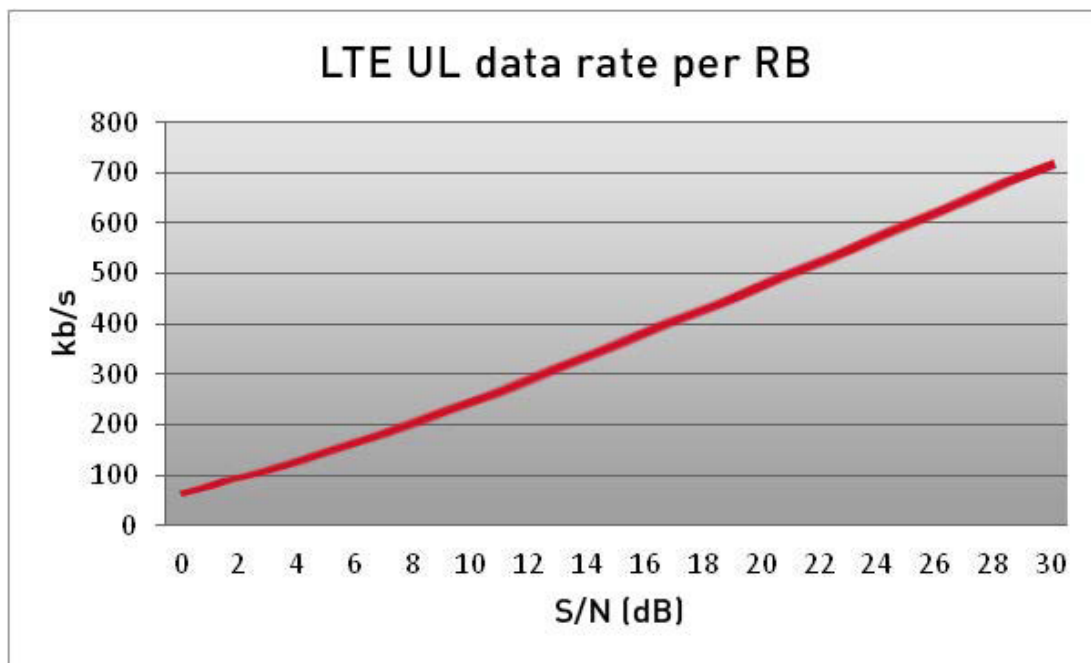


Figure 4 : Débit de données LTE sur la liaison montante par bloc de ressources

Le PRB étant le principal élément constitutif de la LTE, les débits de données UL sont augmentés en donnant à un abonné plus de PRB à transmettre. Bien qu'un grand nombre de PRB agrégés avec des débits de données individuels faibles puisse permettre d'atteindre le débit de données composite souhaité en liaison montante, l'objectif est de réduire au minimum le nombre de PRB nécessaires en maintenant un rapport signal/bruit (SINR) élevé. Dans les deux exemples suivants, nous examinons les valeurs du rapport signal/bruit (RSB) de la liaison montante pour des réseaux DAS neutres, passifs et actifs comparables. Nous supposons que le DAS a 16 antennes et est alimenté par quatre WSP, que chaque WSP a un secteur qui a une puissance de sortie de 35 dBm par canal LTE, et que le réseau LTE fonctionne dans un canal de 10 MHz de large (50 blocs de ressources).

L'architecture DAS passive est illustrée à la figure 5. Elle comporte un combineur hybride 4x4 et quatre séparateurs 4x1 qui ont chacun un affaiblissement d'insertion de 6,5 dB, de sorte que l'affaiblissement combiné du combineur et du séparateur est de 13 dB. L'affaiblissement passif du DAS est différent pour chaque antenne et, pour calculer le bilan de liaison, il faut sélectionner une antenne DAS pour calculer l'affaiblissement. La longueur totale du câble coaxial entre la BTS et l'antenne sélectionnée est de 87 mètres et, avec un affaiblissement du câble de 11,5 dB par 100 mètres, l'affaiblissement du câble coaxial est de 10 dB. Dans le bilan de liaison indiqué dans le tableau 3, l'affaiblissement DAS passif (combinateur + séparateur + câble coaxial) pour l'antenne sélectionnée est de 23 dB.

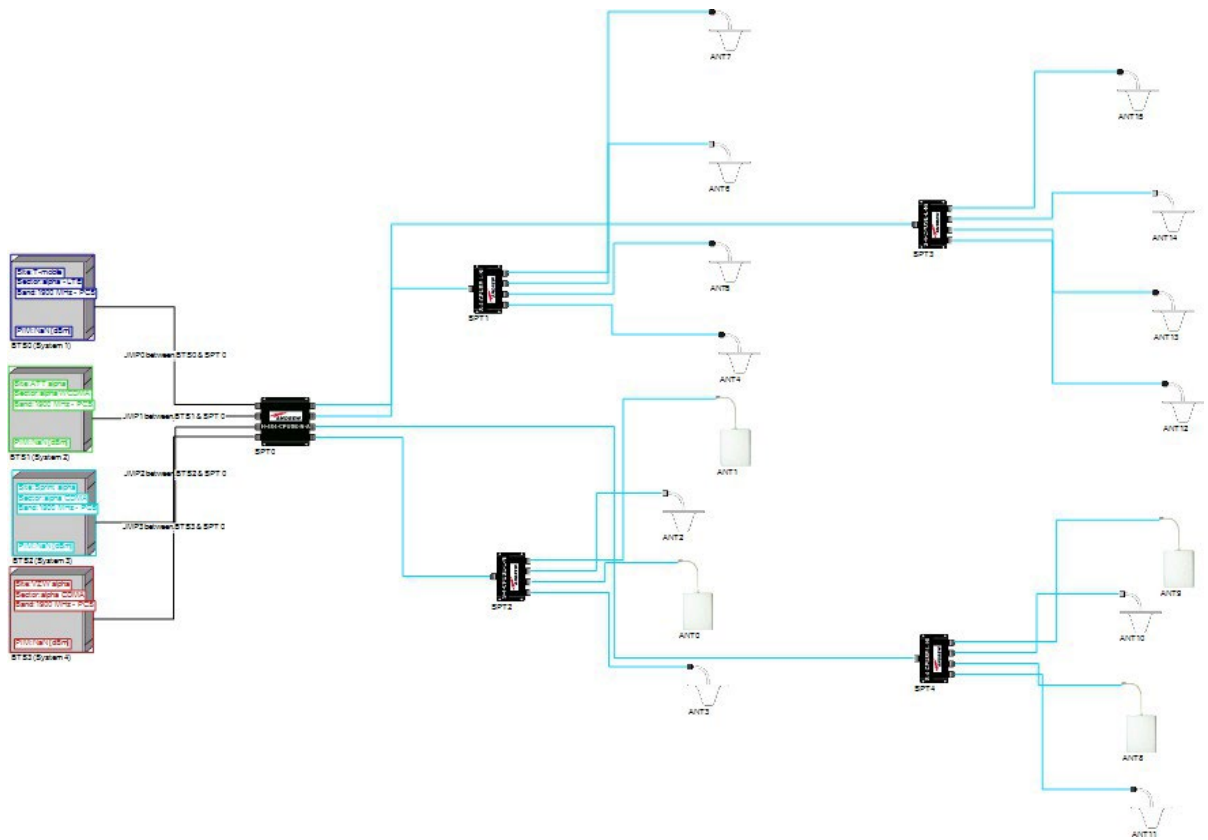


Figure 5 : Architecture DAS passive

		VALEUR/UNITÉ	CALCUL
A	BTS Power	35 dBm	
B	Perte passive	18,1 dBm	
C	Signal DL à l'entrée de l'antenne	16,9 dB	A-B
D	Gain de l'antenne DAS	3,0 dBi	
E	DL EIRP	19,9 dBm	C+D
F	Seuil RSRP DL	-85 dBm	
G	Perte de prop. de l'antenne à l'UE	104,9 dB	E-F
H	Bruit thermique @ 10 MHz canal	-104 dBm	
I	Puissance composite Tx de l'UE	24 dBm	
J	Signal UL à l'antenne des DA	-80,9 dBm	I-G
K	S/N à l'antenne DAS	23,2 dB	J-H
L	Signal UL à l'entrée de la BTS	-96,0 dBm	J+D-B
M	Bruit à l'entrée du BTS	-104 dBm	H
	S/N à l'entrée BTS	8,0 dB	L-M

Tableau 3 : Exemple de calcul du budget d'une liaison DAS passive

Sur la liaison montante, le bruit par canal à l'antenne distante est au niveau du bruit thermique. Il ne change pas entre l'antenne et la source RF car le DAS est passif et ne peut pas générer de bruit par lui-même. Par conséquent, le niveau de bruit à l'entrée de l'antenne DAS et à l'entrée du secteur BTS est le même. Cependant, le signal de l'UE change parce que le DAS passif atténue le signal lorsqu'il passe de l'antenne DAS au secteur BTS. L'atténuation du signal est égale à la différence entre le gain de l'antenne DAS (3 dBi) et l'affaiblissement passif (23 dB), soit 20 dB. Cet affaiblissement du signal réduit également le SNR de la liaison montante de 20 dB, puisque le SNR de la liaison montante passe de 28,1 dB à l'entrée de l'antenne DAS à 8 dB à l'entrée du secteur BTS. La figure 4 montre que SNR = 8 dB donne un débit de données par RB de 200 kHz.

Pour le DAS hybride, nous utilisons un DAS actif Andrew ION™-B de grande puissance. Quatre unités distantes sont utilisées, chacune ayant un port de sortie unique qui se connecte à un répartiteur à quatre voies. Chaque sortie de splitter se connecte à une antenne à l'aide d'un câble coaxial. Le DAS hybride est illustré à la figure 6.

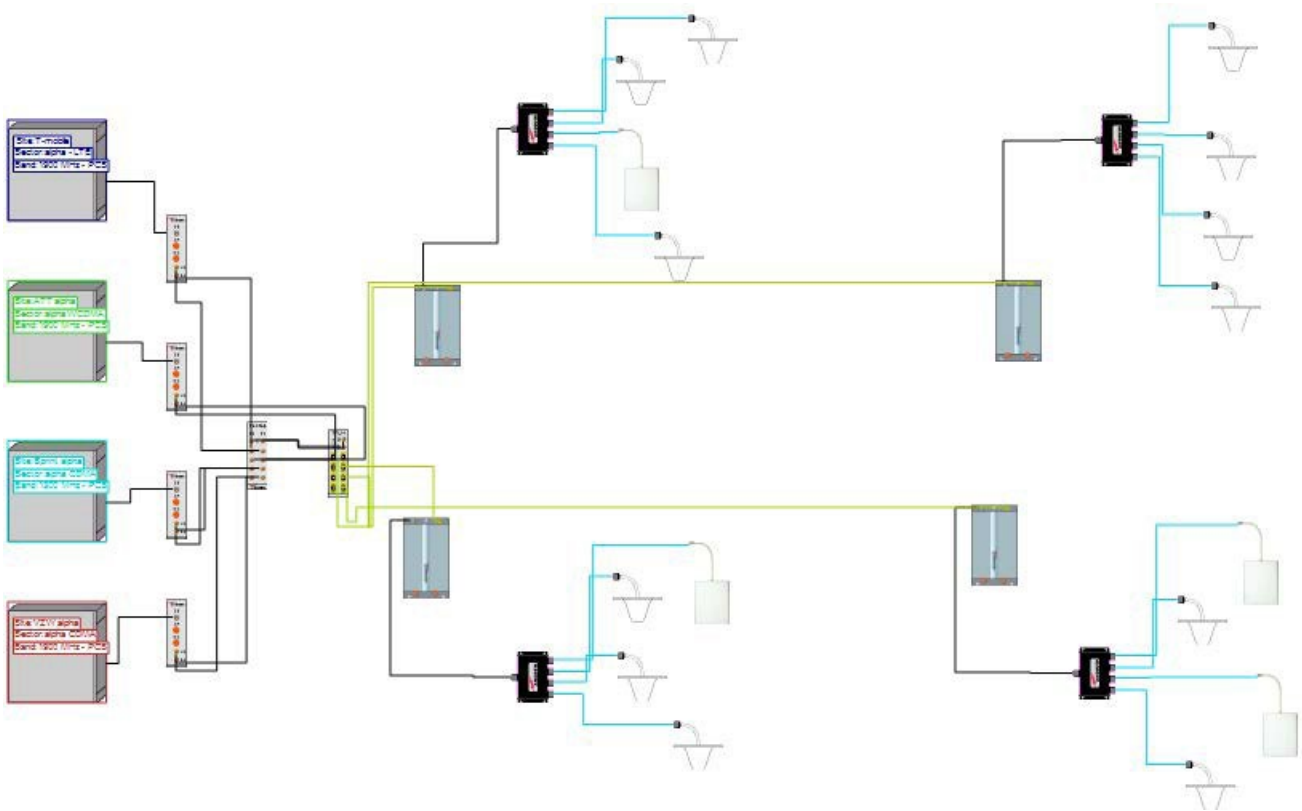


Figure 6 : Architecture DAS hybride

La puissance d'émission composite des unités distantes est spécifiée pour chaque bande de spectre et est partagée entre tous les PSF qui émettent dans cette bande. La puissance par canal RF dépend du nombre de canaux RF dans la bande. La puissance RF composite par unité distante (30 dBm) est divisée de manière égale entre 6 canaux RF, ce qui donne une puissance d'émission par canal de 22,8 dBm. Le gain de la liaison montante de l'unité distante est de 15 dB et le bruit de 7 dB. Les pertes du filtre de liaison montante et du combineur au niveau de la tête de réseau sont de 11 dB. Comme les câbles coaxiaux diffèrent d'une antenne à l'autre, il faut choisir une antenne pour calculer le bilan de liaison. Dans l'exemple de bilan de liaison présenté dans le tableau 4, l'affaiblissement du câble coaxial est de 3,7 dB, ce qui correspond à une distance de 32 mètres.

	BUDGET DE LA LIAISON DESCENDANTE	VALEUR/UNITÉ	CALCUL
A	BTS Power	35 dBm	
B	RU Puissance	30 dB	
C	Gain de l'antenne DAS	2,95 dBi	
D	Perte de câble	3,5 dB	
E	PIRE en liaison descendante	29,5 dBm	B+C-D
F	Seuil RSRP	-85 dBm	
G	Perte de prop. de l'antenne à l'UE	114,5 dB	E-F

Tableau 4a : Bilan de la liaison descendante DAS hybride

	BUDGET DE LIAISON MONTANTE	VALEUR/UNITÉ	NIVEAU DE BRUIT (dBm)	CALCUL	NIVEAU DU SIGNAL (dBm)	CALCUL	S/N (DB)
A	Puissance composite Tx de l'UE	24 dBm	-				
B	Perte de propagation entre l'UE et l'antenne	114,5 dB					
C	Gain d'antenne DAS	2,95 dBi					
D	Perte de câble	3,5 dB					
E	A l'entrée de l'EF		-104	$-174 + 10\log(10 \text{ MHz})$	-91	A-B+C-D	13.0
F	Gain de l'EF	15 dB	-				
G	RU NF	7 dB	-				
H	Nombre d'UR par concentrateur de fibres	4	-				
I	Composite NF at Fiber Hub	4	-	$G+10\log(H)$			
J	A l'entrée du Fiber Hub		-91	E+I	-76.0	E+F	15.0
K	Nombre de concentrateurs de fibres	4	-				
L	Perte du câble de liaison	0,5 dB					
M	Perte du séparateur TLCN4-W	7,1 dB					
N	A la sortie du répartiteur TLCN4-W		-92.6	$J-L-M+10\log(K)$	-83.6	J-L-M	9.0
O	Perte du câble de liaison	0,5 dB					
P	Perte du séparateur TLCN4-W	7,1 dB					
Q	Sortie du répartiteur		-100.2	N-O-P	-91.2	N-O-P	9.0
R	Perte du câble de liaison	0,5 dB					
S	Perte du filtre TPOI	4,0 dB					
T	Perte du câble de liaison	0,5 dB					
U	Imputation BTS		-104.0	Q-R-S-T	-96.2	Q-R-S-T	7.8

Tableau 4b : Bilan de la liaison montante DAS hybride

Contrairement à un DAS passif, un DAS hybride génère du bruit sur la liaison montante par l'intermédiaire d'amplificateurs de liaison montante. Dans cet exemple, quatre amplificateurs distants (unités distantes) génèrent un NF composite de 13 dB au niveau d'un Fiber Hub. Ce NF composite et le gain de l'amplificateur font passer le bruit par canal du niveau thermique (-104 dBm) à -76 dBm. Cependant, les séparateurs, les filtres et les cavaliers de câble ajoutent une perte de 13 dB dans la liaison montante, réduisant ainsi le niveau de bruit à -89 dBm à l'entrée de la station de base. Alors que le bruit UL augmente de 15 dB, le signal UL empruntant le même chemin ne gagne que 2 dB, de sorte que le RSB chute de 13 dB, passant de 20,8 dB à l'entrée de l'EF à 7,8 dB à l'entrée de la station de base.

Si l'on compare le SNR UL du DAS hybride à celui du DAS passif, on peut conclure que les deux ont des performances similaires, puisque leur SNR UL est presque le même. Toutefois, dans cet exemple de DAS passif, la distance entre l'antenne et la BTS est de 87 mètres et l'extension de cette distance réduirait la couverture de l'antenne sur la liaison descendante. Dans le DAS hybride, c'est la distance entre l'antenne et l'EF qui limite la couverture de l'antenne sur la liaison descendante. L'EF peut être placée à quelques kilomètres du convertisseur optique/RF, qui est généralement installé avec la station de base au niveau de la tête de réseau. Le DAS hybride peut donc atteindre des zones plus éloignées de la station de base que le DAS passif, ce qui lui confère une plus grande souplesse de déploiement avec les mêmes performances en liaison montante. Le calcul du SNR UL du DAS actif, omis par souci de concision, est très similaire à celui du DAS hybride, la seule différence majeure étant que le DAS actif n'utilise pas de câbles coaxiaux, mais uniquement des câbles de liaison.

06. CONCLUSION

Bien que les lieux publics varient en taille et en morphologie RF, les réseaux d'hôtes neutres qui assurent la couverture de ces lieux partagent certaines exigences communes en matière de conception et de meilleures pratiques. Au sein du réseau hôte neutre, la génération de MIP est une préoccupation importante, car une mauvaise installation ou un mauvais choix d'emplacement d'antenne peut générer des MIP qui ne peuvent pas être détectés par la conception RF. Les réseaux LTE sont les plus sensibles car ils nécessitent des niveaux de MIP très faibles pour fonctionner correctement. Afin de satisfaire aux exigences de la LTE en matière de MIP, la puissance d'émission par PRB LTE est inférieure à la puissance d'émission par canal UMTS, ce qui augmente le nombre d'antennes et de secteurs dans un DAS LTE passif par rapport à un DAS UMTS passif. Alors que les DAS passifs et actifs peuvent avoir des débits de données comparables en liaison montante, les antennes des DAS passifs doivent être plus proches de la tête de réseau pour maintenir la couverture en liaison descendante. Le DAS passif nécessite des ressources doubles (câbles coaxiaux, séparateurs) pour le LTE MIMO. Tous ces facteurs impliquent que le DAS passif n'est pas un bon choix si un réseau LTE doit être inclus dans un réseau hôte neutre dans un lieu public.

RÉFÉRENCES

- [1] AFL : Câble composite cuivre/fibre (<http://www.aflglobal.com/Products/Fiber-Optic-Cable/Enterprise/Indoor- Outdoor-Cable/Copper-Fiber-Composite-Cable.aspx>)
- [2] Système Fiplex Fiber DAS (http://www.fiplex.com/Datasheets/BD171-Fiber_das_system-Fiplex.pdf)
- [3] Corning Mobile Access RU (<http://objects.eanixter.com/PD373302.PDF>)
- [4] Document technique Anritsu PIM, "Understanding PIM" (<http://www.anritsu.com/en-US/Products-Solutions/Solution/Understanding-PIM.aspx>)
- [5] Webinaire de Rogers Canada "Stratégies de conception et d'installation de systèmes dans les bâtiments pour le LTE" (<http://www.ibwave.com/ Resources/PastWebinars/WebinarJuly172013.aspx>).

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 s'efforcent d'exploiter pleinement la valeur des réseaux de voix et de données à l'intérieur, 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.