



Association des Réseaux Étudiants de Paris-Saclay

Étude publiée le 24 février 2016

Couverture WiFi sur le futur campus de l'Université Paris-Saclay

Une étude de Hugo Bommart, Corentin Dancette, Gabriel Détraz, Augustin Dury, Corentin Pane et Arnaud Venturi.

Introduction

L'Association des Réseaux Étudiants de Paris-Saclay regroupe les trois associations étudiantes FAI de CentraleSupélec et l'ENS Cachan qui fournissent un accès Internet et des services numériques à près de trois mille personnes. Cette fédération indépendante défend des valeurs de neutralité, liberté et sécurité sur le Net et entend mettre en place un accès à Internet à coût juste géré par des étudiants sur le futur campus de l'Université Paris-Saclay.

L'ARES se positionne comme l'interlocuteur privilégié des gestionnaires des résidences du plateau de Saclay et des aménageurs en termes d'infrastructures réseau. Elle se donne pour seconde mission de repenser les usages numériques et les habitudes des utilisateurs et consommateurs de données sur le futur campus, notamment en imaginant à grande échelle les services innovants de demain sur un campus connecté.

L'ARES a pour objectif de définir le cahier des charges des nouveaux réseaux pour les résidences futures des élèves résidant sur le plateau du Moulon et la rédaction de ce document a pour objectif de présenter une feuille de route aux gestionnaires et aux aménageurs du campus.

Résultats présentés

Après avoir présenté la question du câblage en fibre optique dans une précédente étude, l'ARES étudie le champ des possibilités concernant les technologies sans fil et plus spécifiquement la technologie WiFi. En s'appuyant sur une analyse des déploiements déjà effectués sur différents campus étudiants et en incluant une réflexion sur les innovations du domaine, ce papier présente les préconisations de l'ARES pour une couverture sans fil optimale sur le plateau du Moulon.

Sommaire de l'étude

Introduction	page 1
Résultats présentés	page 1
État de l'art des technologies mises en œuvre	page 3
Le succès du « sans-fil »	page 3
Typologie des technologies WiFi	page 4
Canaux et qualité du signal	page 5
Normes et recommandation	page 6
Déploiements existant sur les campus étudiants	page 7
Un <i>backbone</i> en fibre optique	page 7
Similarités des déploiements	page 7
Points d'amélioration	page 8
Les nouveaux enjeux du projet Paris-Saclay	page 9
Sécurité et authentification des usagers	page 9
Connectivité IP dans une zone densément peuplée	page 9
Technologies futures	page 11
Les futures espaces du plateau de Saclay	page 12
Espaces résidentiels	page 12
Espaces en extérieur	page 12
Autres espaces couverts	page 13
Recommandations de l'ARES et conclusion	page 14
Couverture des espaces intérieurs et extérieurs	page 14
Sécurité et respect de la législation	page 14
Évolutivité à prévoir	page 15
Références	page 16

I-État de l'art des technologies mises en œuvre

Le succès du « sans-fil »

La quasi-totalité de l'équipement multimédia vendu aujourd'hui est compatible avec les technologies dites « sans fil » comme le WiFi et le Bluetooth, et là où il y a une dizaine d'années le sans-fil était utilisé de façon marginale, il est aujourd'hui largement dominant.

Le WiFi est bien souvent privilégié au branchement physique obtenu par câble Ethernet pour le confort d'utilisation et le nomadisme qu'il confère à nos appareils. Une bonne couverture WiFi apporte la réponse à la connectivité de très nombreux appareils dans un espace limité et passant, comme les espaces communs, les salles de cours, les couloirs... Le câble reste plus adapté pour une utilisation fixe et en cas de réception sans-fil non optimale ou d'importante bande-passante nécessaire.

Une part non négligeable des ordinateurs (comme les MacBook ou les ultrabooks), mais principalement les tablettes, téléphones, ordiphones et autres objets connectés ne disposent pas de connectique adaptée à une connexion internet filaire et reposent sur une utilisation exclusivement sans fil : approximativement 15% des ordinateurs ne supportent que le WiFi en 2015 [1].

Le WiFi a conquis la planète depuis sa création en 1999 : plus de 100 millions de points d'accès dans le monde entier début 2016, soit un pour soixante-cinq personnes [2], et ce nombre devrait tripler d'ici 2018 [3]. En 2014, plus de deux milliards d'équipements utilisaient le WiFi.

L'utilisation de la connexion WiFi va devenir prédominante voire exclusive partout où elle sera disponible en concurrence avec un accès filaire ou mobile (2G/3G/4G/5G) en raison des coûts encore élevés des forfaits mobiles. Les usagers en attendent une connectivité de qualité comparable à celle d'une connexion filaire à mesure que ses usages à forte bande passante se démocratisent (streaming vidéo sur appareils mobiles par exemple). Les prévisions actuelles concernant les objets connectés corroborent les prévisions sur l'utilisation massive du WiFi qui sera faite dans les prochaines années : d'après GFK, le nombre d'objets connectés devrait atteindre 2 milliards en France dès 2020 et on peut supposer qu'en attendant une standardisation des protocoles adaptés, une grande partie utilisera encore les réseaux WiFi [4].

L'ARCEP (Autorité de Régulation des Communications Électroniques et des Postes) a publié en 2006 un dossier détaillant l'état des lieux et l'avenir probable du Wi-Fi : bien qu'ayant maintenant près de 10 ans, les recommandations sont toujours d'actualité, notamment sur les points de couverture et du respect de la législation. Les réseaux WiFi obéissent aux mêmes principes de sécurité et de neutralité que les réseaux de communication, obligations appliquées par les constructeurs et les fournisseurs d'accès Internet [5].

Typologie des technologies WiFi

Le terme WiFi regroupe différentes technologies caractérisées par des normes, qu'il est important de ne pas confondre. Notons d'abord que les technologies WiFi exploitent deux bandes du spectre électromagnétique, la bande 2,4GHz et la bande 5G. En écartant les normes expérimentales et en se concentrant sur les technologies grand public ayant connu un certain succès, on peut rappeler quelques évolutions, appelées parfois « générations » :

- IEEE 802.11b ou « WiFi b ». Cette technologie de 1999 permet d'utiliser les bandes de fréquences de 2,4 GHz pour aller jusqu'à 11 Mbit/s sur une portée allant jusqu'à 35 mètres en intérieur.
- IEEE 802.11g ou « WiFi g ». Cette technologie de 2003 utilise les bandes de fréquence de 2,4 GHz pour des débits allant jusqu'à 54 Mbit/s et une portée de 35 mètres en intérieur.
- IEEE 802.11n ou « WiFi n ». Cette technologie de 2009 utilise les bandes de fréquences de 2,4 et 5 GHz, pour aller jusqu'à 450 Mbit/s pour une portée d'environ 35 mètres.
- IEEE 802.11ac ou « WiFi ac ». Cette technologie de 2014 utilise les bandes de fréquences 5 et 6 GHz permettant d'avoir jusqu'à 1 Gbit/s (avec le multi-canal 7 Gbit/s) pour une portée de 35 mètres. Elle commence actuellement à être utilisée pour le grand public, et semble donner des résultats très satisfaisants. Un de ses intérêts est le *beamforming*, ou la capacité à émettre le signal de manière plus directionnelle pour plus d'efficacité.

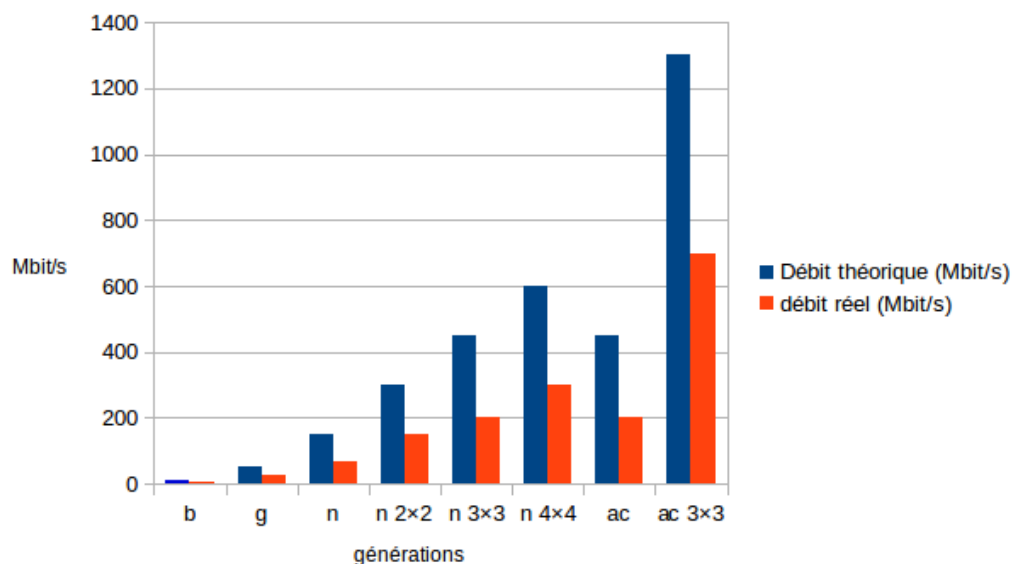


Figure 1 – Évolution des débits WiFi avec les générations

La figure 1 résume l'évolution de ces technologies et montre une augmentation impressionnante du débit avec les différentes générations de Wi-Fi qui se sont succédé.

Le MIMO (*multiple input, multiple output*) permet d'utiliser plusieurs antennes au lieu d'une seule, afin d'augmenter les débits. Les machines des usagers n'ont le plus souvent qu'une seule antenne, mais conserver dans la mesure du possible des routeurs multi-antennes est une bonne pratique pour obtenir de meilleurs débits et la meilleure couverture possible. Les indications 2x2, 3x3 ou 4x4 sur la figure 1 correspondent aux nombres d'antennes émettrices et réceptrices présentes dans le matériel.

Canaux et qualité du signal

Chaque point d'accès WiFi émet sur une gamme de fréquences donnée, appelée « canal », et les utilisateurs connectés répondent sur ce même canal. Ces canaux sont distribués différemment le long du spectre électromagnétique.

En 2,4 GHz

Il y a 14 canaux différents pour le Wi-Fi dans la bande des 2,4 GHz, ce qui ne signifie pas qu'on les utilise tous identiquement car ils se chevauchent, comme on peut le voir sur la figure 2.

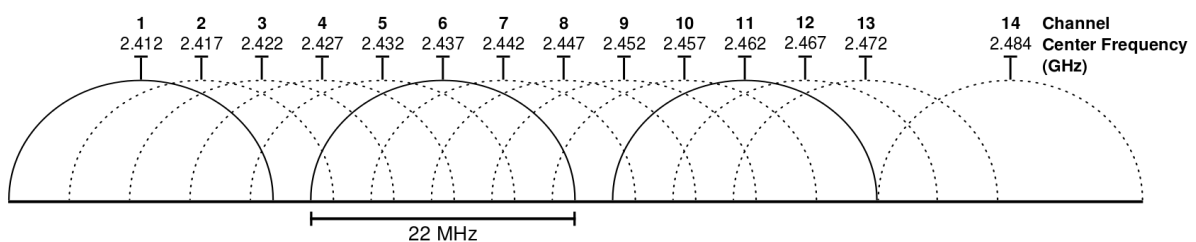


Figure 2 – Canaux et fréquences WiFi sur la bande 2,4Ghz
 (Image sous licence CC-BY-SA par Michael Gauthier)

Il y a par exemple un chevauchement entre les canaux 1 et 5, mais considéré comme nul entre les canaux 1 et 6. Les plans de déploiement WiFi sur de larges zones utilisent fréquemment des combinaisons comme 1, 5, 9, 13, ou encore 1, 6, 11.

Il est à noter que le canal 13 étant interdit d'utilisation aux États-Unis, certains appareils verrouillés sur la norme américaine pourraient ne pas profiter de façon optimale du WiFi en Europe.

En 5GHz

La bande des 5 GHz court en Europe de 5170 MHz à 5710 MHz. Là où en 2,4 GHz seuls quatre canaux sont utilisables simultanément sans recouvrement, il est possible d'en utiliser jusqu'à 23 en 5 GHz. Ces canaux peuvent être agrégés [6] afin d'augmenter la bande passante tout en évitant les interférences *via* notamment la norme 802.11ac. De manière générale, la bande des 5 GHz permet une meilleure efficacité du WiFi car moins encombrée que celle des 2,4 GHz.

Normes et recommandations

Actuellement en France, la puissance d'émission d'une borne WiFi 2,4Ghz ne doit pas excéder 100 mW. La puissance des cartes WiFi équipant les appareils est en réalité le facteur limitant, car un point d'accès qui émettrait de manière trop puissante ne pourrait jamais être joint par les appareils et diminuerait la qualité du service car perturberait la recherche d'un point d'accès.

La solution privilégiée à l'ARES actuellement et dans le futur consiste à disposer d'un nombre de points d'accès suffisant (environ un point d'accès pour dix utilisateurs) disposés de manière optimale.

II-Déploiements existants sur les campus étudiants

L'ARES fonde son expertise sur l'expérience accumulée pendant de nombreuses années d'exploitation de réseaux WiFi dans des résidences étudiants sur différents campus étudiants (Cachan, Châtenay-Malabry, Gif-sur-Yvette, Orsay) en couvrant des espaces intérieurs et extérieurs. L'ARES propose une analyse critique de cette expérience.

Un *backbone* en fibre optique

Le WiFi est peut-être l'égérie de la technologie sans fil, mais il est important de noter que dans la très grande majorité des cas, les points d'accès WiFi sont eux-mêmes connectés à un réseau filaire, le même que le réseau de câbles déployé dans les bâtiments. Pour assurer un service WiFi de qualité supérieure, une excellente connectivité des bornes est une condition essentielle garantie par une desserte en fibre optique sur le *backbone* local.

Sur les résidences actuellement gérées par l'ARES et très sûrement sur les futures résidences du plateau de Saclay, un *backbone* en fibre relie les différents bâtiments et locaux techniques entre eux, avec des terminaisons en câble jusqu'aux chambres des résidents. Les bornes WiFi profitent ainsi du très haut débit filaire et le convertissent en très haut débit sans fil.

Similarités des déploiements

Sur tous les campus de l'ARES, plusieurs *SSID* (nom de réseaux WiFi) sont diffusés : un *SSID* principal assurant le service usuel aux abonnés, ainsi qu'un *SSID* d'accueil pour abonnés temporaires et formalités d'abonnement. Des *SSID* supplémentaires, couplés à des *portails captifs*, permettent de subvenir à des besoins exceptionnels comme à la fourniture d'un accès WiFi pendant des manifestations sur une durée limitée.

Il est évident que l'usage d'un seul *SSID* sur tout le futur campus, identique sur chaque résidence, sera adapté : à l'image de ce qui se fait aujourd'hui entre les résidences de la fédération FedeRez, celui-ci permet de se connecter avec ses identifiants sur n'importe quel campus participant en France de manière totalement transparente. Il s'agit de la même technologie que celle mise en place pour le réseau *eduroam*, accessible avec les mêmes identifiants dans toutes les universités du monde.

De la même façon, un réseau WiFi unique sur le campus de Paris-Saclay apparaît comme étant une nécessité en permettant à tout utilisateur, où qu'il soit sur le campus, de se connecter au réseau avec les mêmes identifiants, et ce de manière totalement naturelle et sans configuration supplémentaire grâce à la technologie WPA2 entreprise.

Un utilisateur connecté dans sa chambre pourra ainsi dans l'idéal se déplacer sur tout le campus sans perdre sa connexion WiFi.

Les bornes WiFi sont réparties dans les bâtiments selon leur architecture : environ une pour vingt résidents pour le moment, elles s'installent dans les faux-plafonds, le long des couloirs ou des locaux fermés dans les étages. Pour les espaces extérieurs, les bornes WiFi investissent les toits des résidences.

Toutes ces bornes sont administrées de manière unifiée à l'échelle de parcs de centaines de points d'accès afin d'assurer une maintenance et un suivi efficaces.

Il est à noter que les ondes WiFi ont une autre utilité : un faisceau directionnel d'ondes WiFi permet de relier sans fil deux bâtiments situés à plusieurs kilomètres l'un de l'autre, à des débits de l'ordre de la centaine de Mbps. Ces dispositifs appelés *ponts WiFi* sont peu coûteux et légers d'installation, tout en permettant une alternative aux travaux nécessaires pour enfouir une fibre optique ou encore une solution temporaire en cas de maintenance lourde. Sur les campus de Cachan et Paris-Sud, plusieurs bâtiments sont connectés de cette manière. Cette méthode permet enfin de déployer un réseau WiFi dans des zones que les fibres optiques peuvent difficilement atteindre (espaces publics en extérieur notamment). Ces dispositifs sont cependant sensibles aux conditions météo, moins évolutifs que la fibre et supportent un débit moindre.

Enfin, notons que les bornes WiFi sont des matériels actifs qui nécessitent une alimentation électrique : lorsque reliées au réseau filaire, les bornes profitent de la technologie PoE (*Power over Ethernet*), qui permet l'alimentation des bornes en utilisant uniquement la prise réseau RJ45 sans câblage supplémentaire.

Points d'amélioration

Les bornes WiFi voient leurs performances limitées par leur forte dépendance à l'architecture des bâtiments et aux matériaux utilisés pour leur construction. Les couvertures WiFi actuelles présentent des zones blanches, mal desservies, mais bien identifiées permettant d'anticiper les besoins :

- Les zones extérieures éloignées de bâtiments
- Les zones séparées par des murs de béton
- Les zones larges dont les faux plafonds sont métalliques

La solution consiste le plus souvent à implanter de nouveaux points d'accès à proximité de ces zones tout en veillant à limiter les interférences.

Des mesures de *wireless mapping* permettent de mesurer la qualité de la couverture WiFi dans les espaces à l'aide de logiciels embarqués qui échantillonnent le signal à intervalles réguliers. L'analyse de ces mesures réalisées sur la plupart des campus dévoile les zones moins bien couvertes et facilite le déploiement de nouveaux points d'accès.

III-Les nouveaux enjeux du projet Paris-Saclay

La création de ce pôle technologique et scientifique implique de rassembler des dizaines de milliers de personnes sur un même site avec la volonté de constituer une vitrine de la technologie à la française tout en préservant la sécurité de leurs échanges et données au sein de l'écosystème de recherche.

Sécurité et authentification des usagers

Un enjeu majeur aujourd'hui est la sécurité des échanges entre individus, couplé au besoin d'authentification pour garantir la provenance des données et la traçabilité imposée par la législation [7].

Ces contraintes sont compatibles avec une utilisation du WiFi, par le biais de protocoles sécurisés comme « WPA2 Entreprise » : éprouvé et compatible avec une écrasante majorité des appareils, il assure une sécurité optimale [8]. Aucune faille critique ne l'a à ce jour compromis depuis sa création au début des années 2000, et il est utilisé dans la plupart des locaux d'entreprise, écoles et sites industriels en suivant les recommandations des services de sécurité informatique du gouvernement [9].

Son point fort est l'authentification : il est alors nécessaire de maintenir à jour une base de données des utilisateurs du WiFi permettant aux abonnés de se connecter depuis tous leurs appareils et quelle que soit leur localisation sur le campus. Rappelons que cette base de données est soumise aux obligations légales et au contrôle de la CNIL [10].

Dans l'hypothèse où une base de données unique des abonnés n'est pas facilement maintenable, il est toujours possible de procéder à de l'authentification sur plusieurs bases de données de manière transparente pour l'abonné.

Connectivité IP dans une zone densément peuplée

Cette section n'est pas spécifique aux technologies sans fil, mais s'y applique également. Rappelons que le protocole IP [11] permet d'attribuer une adresse unique à tout appareil connecté à l'Internet. Il existe deux standards pour les adresses IP : l'IPv4 et l'IPv6.

L'IPv4, historique et encore utilisé en majorité, est limité par le nombre d'adresses qu'il propose, avec un maximum de quatre milliards environ au niveau mondial. Ce seuil limite de fait le nombre d'appareils connectés sur Terre et est devenu très inquiétant avec le nombre croissant d'internautes et la multiplication des appareils mobiles et des objets connectés.

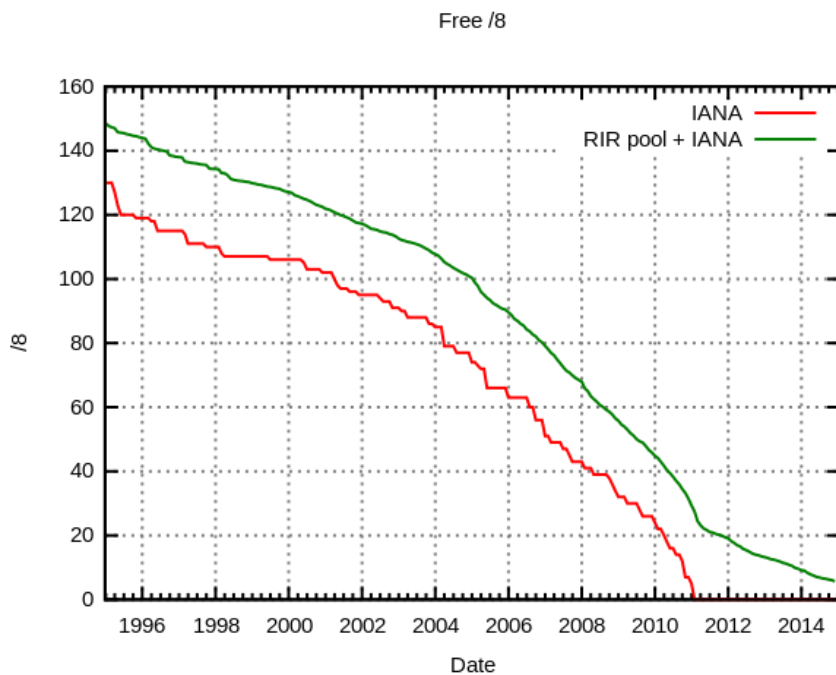


Figure 3 – Évolution du nombre d'adresses IP libres en fonction du temps

La figure 3 (tirée de [12]) montre en rouge les adresses restantes à l'IANA, l'organisme mondial de coordination de l'IP, et en vert les adresses qui ont été attribuées par l'IANA aux organismes régionaux et qui sont encore libres : la différence des deux courbes indique le nombre réel d'adresses restantes. L'épuisement est vraisemblable à moyen terme, malgré le rationnement imposé.

Il existe une alternative, nommée IPv6 qui permet d'attribuer presque un milliard de milliards d'adresses par millimètre carré de surface de la Terre et qui commence à véritablement être déployée dans le monde [13].

Sur le plateau de Saclay, il sera impossible d'attribuer une adresse IPv4 publique par abonné, de par la forte densité de population qu'il rassemble. Un mécanisme appelé NAT permet d'attribuer une unique adresse IPv4 publique à un grand nombre d'appareils, mais il faut alors faire un certain nombre de sacrifices sur la qualité de la connectivité. La solution est d'attribuer une adresse IPv6 par appareil connecté, tout en assurant une connexion des utilisateurs en IPv4, d'une part par interopérabilité et d'autre part parce que certains sites sont encore indisponibles en IPv6.



Technologies futures

De nouvelles technologies et de nouveaux standards WiFi sont susceptibles d'arriver sur le marché. Ils seront intégrés au réseau existant afin de profiter de meilleures performances et de renforcer la sécurité, tout en assurant une rétrocompatibilité avec les technologies antérieures.

On parle dans l'avenir de technologies permettant d'avoir des dizaines voire centaines de Gigabits par seconde en WiFi et une portée bien plus grande, avec les normes *ah*, *ax* ou *ay* [14] qui exploitent des bandes de fréquence supplémentaires comme la bande 60GHz. La figure 4 confirme que dans le futur, les normes *n* et *ac* seront toujours parmi les plus utilisées en 2020, mais laisseront place aux nouvelles normes qui accompagneront le remplacement progressif des points d'accès et du matériel des abonnés.

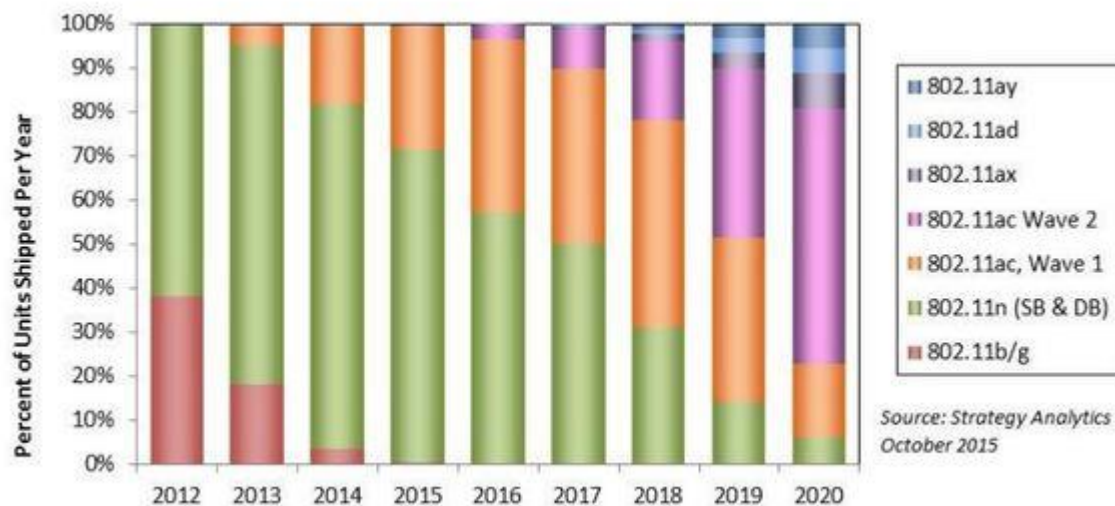


Figure 4 – Prévisions de l'utilisation des normes WiFi, source Strategy Analytics 2015, depuis [15]

La technologie Li-Fi (Internet par faisceaux lumineux) est en pleine émergence et promet des débits encore plus importants [16]. Elle est en attente de normalisation et l'architecture du réseau doit permettre dès maintenant l'évolutivité nécessaire à une éventuelle future intégration.



IV-Les futures espaces du plateau de Saclay

Le plateau de Saclay et a fortiori le plateau du Moulon comprennent des résidences universitaires et des zones pavillonnaires qui sont des espaces résidentiels, mais également des bâtiments d'enseignement, des espaces en extérieur et des espaces publics comme des magasins et restaurants. Comment se positionne une offre de couverture WiFi par l'ARES vis-à-vis de tous ces espaces administrés par des gestionnaires variés ?

Espaces résidentiels

Le campus Paris-Saclay est programmé pour accueillir à terme des dizaines de milliers d'étudiants, et cette croissance s'accompagne nécessairement par la construction de nombreuses résidences, tant universitaires que pavillonnaires.

L'ARES se concentre principalement sur le déploiement de sa couverture WiFi dans les résidences universitaires et a fortiori à l'horizon proche 2019 où trois mille nouveaux étudiants sont attendus dans des résidences neuves ou existantes sur le plateau du Moulon.

Les nouvelles résidences incluent sur le Moulon notamment le chantier Serendicity [17] qui prévoit de loger 1082 étudiants dès 2017, de nouvelles résidences CROUS prévues en 2017 et 2019 et un chantier Kaufman & Broad livré en 2018 [18], en complément des centaines de lits déjà en place. Ces résidences prévoient pour la plupart entre quatre et cinq étages de logements universitaires disponibles en studio et colocation.

La mise en place d'une couverture WiFi optimale nécessite une étude approfondie des plans des résidences, de leur architecture, des emplacements des locaux techniques et des matériaux utilisés. Dans ces résidences, les opérateurs comme l'ARES peuvent déployer leur infrastructure WiFi en accord avec les gestionnaires et les normes de sécurité, en s'appuyant sur les infrastructures filaires déjà déployées.

Espaces en extérieur

Le campus urbain Paris-Saclay comporte un certain nombre d'espaces en extérieur : parcs, terrains de sport, parkings, arrêts de bus...

Le déploiement d'un réseau WiFi sur ces espaces est plus complexe car il peut intervenir sur le domaine public. Afin de connecter des points d'accès isolés dans des zones difficiles d'accès par câble, il est possible d'utiliser des ponts WiFi comme explicités dans la partie II. Il apparaît en effet difficile d'enterrer de la fibre optique sur des espaces publics qui admettent une faible densité d'appareils connectés. On peut enfin souligner l'importance d'une bonne couverture mobile 4G voire 5G sur ces espaces.



Autres espaces couverts

D'autres espaces couverts sont prévus sur le plateau de Saclay : des commerces et des bâtiments de cours notamment. La couverture WiFi dans les bâtiments de cours et les laboratoires est communément effectuée par les Directions des Services Informatiques des établissements auxquels ils sont rattachés, avec comme réseau de sortie RENATER, réseau national réservé à la recherche et l'enseignement. Il est néanmoins envisageable de travailler avec les différents opérateurs pour proposer une couverture WiFi sans interférence en partageant les points d'accès afin qu'ils diffusent différents SSID.

Les espaces accueillant du public comme les commerces et restaurants pourront être équipés de points d'accès afin de proposer au public une couverture WiFi.



V-Recommandations de l'ARES et conclusions

Couverture des espaces intérieurs et extérieurs

En intérieur, dans les résidences universitaires et peut-être commerces, la couverture WiFi sera assurée par des points d'accès reliés aux réseaux des opérateurs qui proposent leurs offres. Encore une fois, si plusieurs opérateurs proposent leurs offres WiFi, il sera nécessaire de collaborer pour éviter les interférences et notamment partager le matériel physique.

Concernant les espaces extérieurs, il est intéressant de proposer une couverture WiFi dans les espaces entre les bâtiments, en utilisant des bornes forgées pour ce type de déploiement. Il existe des modèles directionnels ou non pour l'extérieur, adaptés à la couverture des grands espaces de l'extérieur, en assurant le respect de la réglementation des émissions extérieures. Cette couverture extérieure sera donc réalisable facilement, en disposant par exemple des points d'accès depuis les toits des résidences, ce qui est déjà mis en œuvre sur un certain nombre de campus.

Dans les espaces d'enseignement, les réseaux WiFi seront a priori indépendants des opérateurs sur les résidences.

Les lieux où un grand nombre de personnes sont présentes simultanément (restauration, bars, salons d'étage...) pourront être équipés de bornes WiFi à haute densité qui supportent quelques centaines d'appareils connectés simultanément, à l'image des déploiements déjà réalisés sur des stades de football [19], à condition de définir précisément les densités attendues.

Par ailleurs, le matériau choisi pour les murs des résidences est très important pour la couverture Wi-Fi. Le béton ou la pierre laissent très mal passer les ondes, au contraire de certains types de cloisons qui permettent une très bonne couverture même en intérieur.

Sécurité et respect de la législation

L'ARES recommande une authentification des abonnés en WiFi selon le protocole WPA2 en s'appuyant sur une base de données et un serveur d'authentification. La sécurité des abonnés est assurée par la mise en place de règles de filtrage par défaut permettant de sécuriser les flux entrant et sortant vers les appareils connectés. Ces règles sont proposées par défaut aux abonnés qui peuvent choisir leur niveau de filtrage et décider de les désactiver. Le cadre réglementaire est bien défini et respecté selon les articles L32 et suivants du Code des Communications Électroniques et des Postes, les directives européennes et les jurisprudences nationale et européenne, notamment en terme de traçabilité, de respect des libertés, de la vie privée et de la neutralité de l'Internet.



Évolutivité à prévoir

Contrairement à l'architecture physique, l'architecture sans-fil est par nature évolutive, puisqu'un remplacement de borne nécessite simplement de la configurer correctement et de la reconnecter au réseau.

On peut citer ici l'exemple de l'apparition de nouvelles normes (*n* ou *ac* récemment) qui ont imposé l'installation de points d'accès neufs et rétro compatibles avec les anciennes normes pour garantir une continuité de service, sans parler des futures évolutions du WiFi.

On rappelle que la technologie PoE (*Power over Ethernet*, qui permet l'alimentation des bornes en utilisant la prise réseau RJ45) sera également disponible pour des débits de 1 Gbps et sans doute au-dessus grâce à la technologie *phantom power* [20]. Il est donc recommandé de se reposer sur ce standard largement adopté et évolutif pour alimenter les bornes en énergie électrique.

A l'échelle du plateau du Moulon, il convient d'adopter soit le même type de matériel, soit une configuration de borne identique pour faciliter la maintenance et l'évolutivité. Le choix de micro logiciel Openwrt [21] peut être judicieux car il permet de faire abstraction du matériel utilisé et d'administrer tout un parc de manière unifiée.

L'ARES conclut cette étude en réaffirmant l'importance des technologies sans fil et plus particulièrement du WiFi dans la réussite du projet Paris-Saclay afin de sortir du carcan des connectivités filaires qui tendent à disparaître des appareils connectés. La sécurité et la mobilité des usagers sont deux priorités auxquelles le déploiement WiFi répond parfaitement sur le court terme par sa facilité d'installation et sur le long terme avec l'émergence de nouvelles normes qui promettent plus de débit et plus de fiabilité.



VI-Références

Liste des références :

- [1] <https://myares.fr/hexo/2016/02/17/ces-ordinateurs-qui-abandonnent-le-port-ethernet/>
- [2] <http://www.ipass.com/wifi-growth-map/>
- [3] <http://pwk.republicwireless.com/the-growth-of-global-wifi/>
- [4] <http://www.lesnumeriques.com/objet-connecte/gfk-2014-objets-connectes-nouvel-eldorado-high-tech-n39195.html>
- [5] http://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/synth-etude-Wi-Fi-sagatel-mai07.pdf
- [6] https://fr.wikipedia.org/wiki/Agrégation_de_porteuses#R.C3.A9seaux_Wi-Fi
- [7] http://arcep.fr/uploads/tx_gspublication/guide-juridique-crip2007.pdf
- [8] https://fr.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi_Protected_Access
- [9] http://www.ssi.gouv.fr/uploads/IMG/pdf/NP_WIFI_NoteTech.pdf
- [10] <https://www.cnil.fr/fr/comprendre-vos-obligations/les-principes-cle>
- [11] https://fr.wikipedia.org/wiki/Internet_Protocol
- [12] https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89puisement_des_adresses_IPv4
- [13] <https://www.google.fr/ipv6/statistics.html>
- [14] https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11ay
- [15] <https://www.qualcomm.com/media/documents/files/strategy-analytics-802-11ac-wave-2-with-mu-mimo-the-next-mainstream-wi-fi-standard.pdf>
- [16] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Li-Fi>
- [17] <http://serendicity.fr/>
- [18] <http://www.epaps.fr/project/200-logements-etudiants-privés/>
- [19] <https://www.ruckuswireless.com/carriers/designing-high-density-stadiums-and-arenas>
- [20] https://fr.wikipedia.org/wiki/Alimentation_fantôme
- [21] <https://wiki.openwrt.org/fr/start>

Site de l'ARCEP : <http://www.arcep.fr>

<http://myares.fr>
contact@myares.fr

 [@AresReseaux](https://twitter.com/AresReseaux)



Lien presse : <http://myares.fr/presse.html>

Résidence C.É.S.A.L.
Association ARES
1, rue Joliot Curie
91190 Gif-sur-Yvette
