

GTEB - Wi-Fi pour SLICES-FR

Thomas Begin (LIP)
Marcelo Dias de Amorim (LIP6)
Isabelle Guérin Lassous (LIP)
Alexandre Guitton (LIMOS)
François Lemercier (IRISA)
Katia Jaffres-Runser (IRIT)
Gentian Jakllari (IRIT)
Julien Montavont (ICUBE)
Franck Rousseau (LIG)
Samir Si-Mohammed (CRAN)
Fabrice Theoleyre (ICUBE)

Date : 12 mars 2026

Résumé

Ce document a pour objectif de rassembler les besoins en matière d'expérimentations de la communauté française travaillant ou souhaitant travailler sur le Wi-Fi. Malgré son adoption massive et ses évolutions constantes (Wi-Fi 6E, Wi-Fi 7, Wi-Fi 8), les plateformes expérimentales dédiées restent rares en France, ce qui limite la capacité des chercheurs à valider des solutions innovantes dans des conditions réelles. Dans ce document, nous analysons les verrous scientifiques qu'une telle plateforme pourrait lever, ainsi que la forme qu'elle pourrait prendre.

Table des matières

1	Introduction	3
2	Applications et cas d’usage	4
2.1	Trafic IoT	4
2.2	Multimédia	4
2.3	Réalité virtuelle	5
2.4	Accès massif à haut débit	5
2.5	Usages détournés du Wi-Fi	5
3	Verrous scientifiques	6
3.1	Densité de déploiement	6
3.2	Économie d’énergie	6
3.3	Ordonnancement multi-traffic	6
3.4	Gestion adaptative des tribandes	7
3.5	Gestion des normes	7
4	Plateformes existantes	7
5	Plateforme à moyen terme	8
5.1	Plateforme envisagée	8
5.2	Instrumentation	9
5.3	Coût	9
5.4	Autres communautés	10
6	Besoins SDR et logiciels à long-terme pour une plateforme am-	
	bitieuse	10
6.1	Besoins matériels & logiciels	11
7	Équipes intéressées	11
8	Conclusion	12

1 Introduction

Le Wi-Fi désigne un ensemble de technologies de communication sans fil fondées sur les normes IEEE 802.11, permettant l'échange de données entre des terminaux et un point d'accès sans fil. Cette technologie exploite principalement les bandes de fréquences 2,4 GHz et 5 GHz, et, plus récemment, la bande de 6 GHz (via la norme Wi-Fi 6E), en s'appuyant sur des techniques de modulation avancées telles que l'OFDM (*Orthogonal Frequency-Division Multiplexing*). Ces mécanismes assurent une transmission de données robuste, tout en réduisant les interférences et en optimisant le débit. Le Wi-Fi s'inscrit dans une architecture de réseau local sans fil (WLAN), où la gestion des ressources radio et l'allocation dynamique des canaux jouent un rôle crucial pour garantir une qualité de service adaptée à une large gamme d'applications, allant du transfert de fichiers à la diffusion multimédia en temps réel.

Depuis son adoption massive au début des années 2000, le Wi-Fi a connu plusieurs itérations majeures, marquées par l'introduction de normes successives (802.11a/b/g/n/ac/ax/be). Pour simplifier l'identification des évolutions, ces normes ont été récemment répertoriées sous la forme de versions numérotées, allant de Wi-Fi 1 à Wi-Fi 7. Chaque version a apporté des progrès significatifs en matière de débit, de latence et d'efficacité spectrale. Le Wi-Fi s'est considérablement complexifié au fil du temps, avec l'introduction de mécanismes avancés tels que l'ordonnancement des transmissions, le MU-MIMO (*Multiple User – Multiple Input Multiple Output*), l'OFDMA (*Orthogonal Frequency-Division Multiple Access*), les couleurs de cellule, les réservations spatiales et temporelles, ainsi que des techniques d'économie d'énergie [1]. Sa complexité actuelle le rapproche du fonctionnement des réseaux cellulaires.

Le Wi-Fi connaît un développement commercial croissant, parallèlement au déploiement des réseaux cellulaires de nouvelle génération, tels que la 5G. En effet, son déploiement s'effectue de manière localisée, avec des coûts fixes (sans abonnement mensuel ni tarification au volume de données), ce qui en fait une solution économique pour de nombreux usages. Le déploiement des réseaux 5G privés reste freiné par la complexité technique et l'expertise nécessaire à leur exploitation, mettant en évidence l'intérêt des réseaux auto-opérés comme les réseaux Wi-Fi.

De façon surprenante, le Wi-Fi reste peu représenté dans les plateformes expérimentales ouvertes en France, malgré son importance dans les réseaux de communication modernes. À l'inverse, des initiatives internationales comme la plateforme NITOS en Grèce ou w-iLab.t à Gand démontrent l'existence d'infrastructures dédiées au Wi-Fi, accessibles aux chercheurs pour des expérimentations en conditions réelles.

Dans ce document, nous identifions les principaux besoins de la communauté française en matière d'expérimentation Wi-Fi, puis nous analysons les verrous scientifiques que pourrait aider à lever une plateforme nationale. Enfin, nous proposons une vision de la forme et des fonctionnalités qu'une telle infrastructure pourrait adopter.

Ce document vise à identifier les besoins de la communauté française en

matière d'expérimentation Wi-Fi, en listant les applications et cas d'usage, les verrous scientifiques, et les composantes essentielles (matérielles et logicielles) nécessaires à la mise en place d'une plateforme expérimentale nationale ambitieuse.

2 Applications et cas d'usage

Le Wi-Fi est largement utilisé dans de nombreux contextes, notamment :

- **À domicile** : la majorité des réseaux domestiques reposent sur le Wi-Fi, avec, dans certains cas, une topologie en maillage (mesh) pour étendre la couverture. Des équipements tels que les consoles de jeux et les systèmes de réalité virtuelle peuvent également utiliser cette technologie ;
- **Entreprises et hôtels** : des déploiements denses sont courants pour faire face à une forte demande de connectivité ;
- **Transports publics** : le Wi-Fi est désormais disponible dans de nombreux bus, métros et même avions, offrant une connectivité aux usagers en déplacement ;
- **Internet des objets (IoT)** : une grande variété d'appareils (interrupteurs, volets roulants, pompes à chaleur, webcams, etc.) utilisent le Wi-Fi pour se connecter au réseau ;
- **Usines intelligentes** : des applications temps réel commencent à s'appuyer sur une combinaison de TSN (Time Sensitive Networking) et du Wi-Fi [2].

2.1 Trafic IoT

Le trafic généré par l'IoT (Internet des objets) est souvent caractérisé par de faibles volumes de données pour la majorité des usages. Les compteurs (eau, gaz), les bâtiments intelligents, les parkings intelligents, ainsi que de nombreuses applications de type smart cities génèrent un grand nombre de flux, chacun portant un volume de données réduit.

Ce type de trafic pose des défis spécifiques pour les réseaux Wi-Fi :

- le nombre d'objets peut être très élevé, entraînant une contention sur le support partagé, même si chaque flux produit peu de données ;
- l'économie d'énergie impose que chaque objet minimise sa consommation. En particulier, le volume de signalisation doit être réduit au minimum, car il peut représenter une part significative du trafic total.

2.2 Multimédia

Le Wi-Fi est également largement utilisé pour le trafic multimédia, notamment les flux vidéo. Ces derniers génèrent de grands volumes de données et présentent des comportements de type ON/OFF [3]. Le défi principal réside dans l'offre d'une bande passante suffisante pour des flux dont les besoins croissent

continuellement : la diffusion en 8K commence à se généraliser, avec des débits dépassant 100 Mbps par flux.

2.3 Réalité virtuelle

De nombreux usages de la réalité virtuelle émergent, notamment dans les consoles de jeux, les interactions homme-machine dans les usines intelligentes, ou encore les simulations collaboratives. Dans ce contexte, le Wi-Fi doit offrir une connectivité sans fil extrêmement efficace, caractérisée par une latence faible (risque de cinétose en cas d'excès), une fiabilité élevée et un débit suffisant pour répondre aux exigences des flux immersifs. La réalité immersive peut générer jusqu'à 1 Gbps de données, en fonction des algorithmes, de la résolution, du taux de rafraîchissement et des techniques de compression utilisées [4].

2.4 Accès massif à haut débit

L'usage croissant du numérique impacte également les grands environnements regroupant un nombre important de personnes. Ainsi, le stade Camp Nou, siège du FC Barcelone, peut supporter jusqu'à 12 000 connexions Wi-Fi simultanées [5]. Assurer une qualité d'expérience acceptable à un tel volume d'utilisateurs constitue un défi majeur. Par ailleurs, les besoins en retransmission multimédia pourraient s'accroître à l'avenir (par exemple, pour des zooms en temps réel sur des actions spécifiques ou des visuels interactifs), augmentant encore les besoins en bande passante, ou reposant sur des approches à base de diffusion.

2.5 Usages détournés du Wi-Fi

Au-delà de la transmission de données, les signaux Wi-Fi peuvent être exploités pour détecter et caractériser l'environnement, dans le respect des contraintes liées à la vie privée. L'analyse des variations du RSSI (*Received Signal Strength Indicator*), ou, de manière plus fine, du CSI (*Channel State Information*), permet d'inférer des informations contextuelles sans recourir à des capteurs dédiés. Quelques exemples d'applications incluent :

- la détection de présence et le comptage de personnes dans un espace, utile pour la gestion énergétique des bâtiments intelligents ou l'optimisation de l'occupation des locaux ;
- la reconnaissance d'activités et de gestes, permettant des interfaces homme-machine sans contact ou la surveillance de personnes vulnérables à domicile ;
- la localisation en intérieur et en extérieur, pouvant compléter ou remplacer d'autres technologies de positionnement.

3 Verrous scientifiques

3.1 Densité de déploiement

Les versions actuelles des solutions Wi-Fi sont conçues pour gérer des déploiements très denses : en principe, l'ajout de points d'accès permet de faire face à des densités de connexion croissantes. Toutefois, les flux émis par les différentes stations doivent pouvoir coexister sans interférer entre eux. Une plateforme d'expérimentations permettra l'évaluation de différentes stratégies d'optimisation, en permettant un contrôle (voire une désactivation) de mécanismes clés tels que le MU-MIMO, l'OFDMA, l'ordonnancement des transmissions, la puissance d'émission, ou encore les paramètres MAC.

3.2 Économie d'énergie

L'un des leviers majeurs vers un numérique plus durable réside dans la réduction de la consommation énergétique des réseaux de communication, tant au cœur du réseau qu'à la périphérie. Dans ce contexte, le Wi-Fi a fait des progrès significatifs pour réduire la signalisation et, surtout, limiter la contention sur le support de communication. Toutefois, ces mécanismes doivent être validés dans des conditions réelles : des expérimentations à grande échelle sont nécessaires pour en extraire des modèles pertinents et optimiser les algorithmes associés. Alors que les normes définissent les mécanismes atomiques activables, il reste à concevoir des stratégies d'exploitation efficaces capables de tirer parti de ces fonctionnalités dans des environnements complexes, tant pour les stations que pour les points d'accès. Les approches fondées uniquement sur la théorie ou la simulation s'avèrent souvent insuffisantes : elles sous-estiment fréquemment les temps de transition, négligent les interférences réelles, ignorent l'hétérogénéité du matériel ou les contraintes d'ordonnancement, des facteurs qui prennent tout leur sens dans des conditions réelles de déploiement.

Nous nous reposons sur le GTEB consommation d'énergie pour les dispositifs de consommation d'énergie (par carte / nœud).

3.3 Ordonnancement multi-traffic

Une des forces des réseaux Wi-Fi réside dans leur capacité à supporter une grande diversité d'applications, parfois même en coexistence au sein du même déploiement. Cette polyvalence s'illustre notamment par la possibilité de faire coexister des flux *best-effort*, dont la qualité de service n'est pas garantie, et des flux critiques, dont les contraintes de latence et de fiabilité sont strictes. Or, cette fonctionnalité n'est pas directement disponible dans la technologie Wi-Fi actuelle et nécessite des capacités d'isolation, souvent désignées sous le terme de *network slicing*. L'intégration de telles fonctionnalités constitue un défi majeur pour les réseaux Wi-Fi, notamment pour le trafic émanant des stations. Des expérimentations à grande échelle seront essentielles pour explorer, valider et optimiser les approches les plus efficaces afin de les rendre opérationnelles.

3.4 Gestion adaptative des tribandes

Le Wi-Fi prend désormais en charge trois bandes de fréquence : 2,4 GHz, 5 GHz et 6 GHz. Lorsqu'une station est mobile, il peut maintenir une connexion stable en exploitant simultanément plusieurs bandes de fréquence grâce à la fonctionnalité MLO (*Multi-Link Operation*), permettant ainsi de maximiser le débit tout en réduisant la probabilité de coupure. Néanmoins, les algorithmes permettant de gérer efficacement ce mécanisme restent à concevoir, à optimiser et à valider expérimentalement.

3.5 Gestion des normes

Dans un environnement réel, plusieurs déploiements Wi-Fi peuvent coexister, même avec des versions différentes de la norme. Il est essentiel de pouvoir étudier le fonctionnement d'un réseau Wi-Fi dans une version donnée en présence de trafics provenant de versions plus anciennes ou plus récentes, notamment lorsque ces versions partagent les mêmes bandes de fréquence. Dans ce contexte, la complexité des interactions, notamment en matière de contention, d'interférences croisées et de gestion dynamique des ressources, ne peut être pleinement appréhendée que par des expérimentations en conditions réelles.

4 Plateformes existantes

Nous avons identifié les plateformes existantes suivantes :

NITOS (<https://nitlab.inf.uth.gr/NITlab/nitos>) est accessible aux chercheurs et propose une zone intérieure (une grande salle), ainsi qu'une zone extérieure située sur le toit d'un bâtiment. Son infrastructure est principalement orientée vers le SDN (*Software Defined Networking*) et la multi-technologie (Zigbee, Wi-Fi, etc.). La version Wi-Fi 4 ou antérieure est actuellement supportée. Il s'agit d'une version relativement ancienne, dont les fonctionnalités sont nettement moins complètes que celles des versions plus récentes, qui intègrent de nombreux changements significatifs.

R2Lab (<https://r2lab.inria.fr/>) est accessible aux chercheurs et met à disposition des nœuds sans fil Wi-Fi et 4G/5G, installés dans une chambre anéchoïque. Toutefois, seule la version Wi-Fi 4 ou antérieure est supportée, ce qui limite l'accès aux fonctionnalités introduites dans les versions plus récentes. Des cartes SDR (*Software Defined Radio*) sont disponibles, mais elles ne supportent pas le Wi-Fi.

cortexlab (<https://www.cortexlab.fr/>) offre un accès bas-niveau à des cartes SDR pour étudier les aspects radio. Cependant, aucun support du WiFi n'est proposé.

w-iLab.t (<https://doc.ilabt.imec.be/ilabt/wilab/overview.html>) est accessible aux chercheurs via le portail Fed4FIRE et propose des nœuds

sans fil déployés dans différents environnements (des bureaux, un datacenter, un local technique avec très peu d’interférences extérieures). Toutefois, seules les versions Wi-Fi 4 et 5 (ou antérieures) sont supportées, ce qui exclut l’accès aux fonctionnalités récentes introduites par les versions plus récentes de la norme.

behop [6] déployé dans un dortoir à l’université de Stanford, non maintenu depuis 10 ans.

SDR par exemple pour des expérimentations Wi-Fi en ondes millimétriques (MmWave) [7]. Cependant, ces bancs d’essai impliquent un nombre très limité de nœuds SDR et sont conçus pour un objectif spécifique au niveau de la couche physique (PHY).

Wi-Fi community : plusieurs réseaux communautaires reposant sur le Wi-Fi ont été mis en place à l’échelle d’une large zone géographique :

guifi.net (<https://guifi.net/en>) en Espagne avec 37k nœuds ;

Freifunk (<https://freifunk.net/>) en Allemagne avec 40k points d’accès Wi-Fi ;

ninux (<http://wiki.ninux.org/FrontPage>) en Italie qui ne semble plus actif.

De plus, ces réseaux sans fil mesh sont en production, et donc complexes à modifier. Par ailleurs, les chercheurs n’ont aucun contrôle sur le matériel acheté par les usagers.

Par ailleurs, quelques laboratoires français disposent de plateformes sur étagère pour des tests à petite échelle sur paillasse (par exemple ICUBE avec la plateforme obsolète exprima, le LIP avec quelques nœuds Wi-Fi 5 et Wi-Fi 6 utilisés pour des expériences ponctuelles).

5 Plateforme à moyen terme

L’étude des plateformes existantes montre qu’aucune infrastructure actuelle ne propose un déploiement compatible avec les dernières versions du Wi-Fi (6, 6e, 7, et 8 d’ici deux/trois ans). Il est donc nécessaire de disposer d’une plateforme d’expérimentation à grande échelle, capable de soutenir les recherches des laboratoires français sur les technologies Wi-Fi les plus récentes.

5.1 Plateforme envisagée

La création d’une telle plateforme pourrait présenter un coût limité :

- Des points d’accès Wi-Fi 6e et 7 (8 d’ici quelques années), de marques différentes (une dizaine pour tester des scénarios denses) ;
- Des stations pouvant supporter plusieurs cartes Wi-Fi afin de pouvoir tester différents standards ainsi que différents chipsets (quelques dizaines de stations pour générer des flux concurrents). Le bus PCIe semble être un standard pertinent pour le support des cartes Wi-Fi dans les stations.

Sachant que les scénarios avec un déploiement intérieur sont majoritaires, les nœuds pourraient être déployés à l'échelle d'un bâtiment, couvrant possiblement des parties extérieures (par exemple, jardin / cour). Néanmoins, des scénarios extérieurs à plus large échelle (par exemple, un campus universitaire) constitueraient un atout significatif, permettant d'évaluer des paramètres complémentaires liés aux longues distances de propagation.

5.2 Instrumentation

Nous avons besoin dans le cadre d'une telle plateforme de :

- Mesurer la consommation d'énergie à l'échelle de chaque nœud, ainsi que celle de l'interface Wi-Fi en isolation, afin d'évaluer précisément le coût énergétique de la communication sans fil. Il serait intéressant dans ce cadre d'avoir des interactions avec le GT SLICES s'intéressant au monitoring énergétique des déploiements.
- Générer du trafic sur l'interface radio (tout en étant capable de choisir la norme Wi-Fi utilisée par chaque station, lorsque c'est possible). Un nœud connecté au réseau filaire ou Wi-Fi doit pouvoir être source / destinataire des flux générés. Un générateur de trafic réaliste reste à concevoir.
- Capturer toutes les trames transmises sur le réseau, afin de permettre une analyse en temps réel ou post-expérimentation, ainsi que l'enregistrement de traces pour des usages tels que le rejeu ou l'entraînement d'algorithmes d'intelligence artificielle.
- Contrôler finement le paramétrage des points d'accès et des stations (activation/désactivation des mécanismes MAC, paramétrage des paramètres de transmission).
- S'assurer que la plateforme subit peu d'interférences externes dans les bandes de fréquence considérées (ou avoir un dispositif capable de mesurer les interférences externes).
- Autoriser la configuration des interfaces en mode moniteur pour capturer l'ensemble du trafic ambiant et être capable d'accéder aux informations de propagation radio, à savoir le *Channel State Information* (CSI).
- Synchroniser temporellement les dispositifs afin de disposer d'une horloge commune, nécessaire pour des mesures croisées entre nœuds.

5.3 Coût

Nous avons identifié les différents coûts (Tableau 1) :

- Un point d'accès Wi-Fi 7 est de l'ordre de 1k€ (<https://www.ldlc.com/informatique/reseau/point-d-acces-wifi/c4312/+fv2508-20934.html>)
Il faut pouvoir supporter les 3 bandes, et offrir du MIMO le plus élevé possible (Wi-Fi7 supporte jusqu'à du 16x16 MU-MIMO) ainsi que de l'OFDMA ;
- Les terminaux multimédia doivent pouvoir supporter éventuellement plusieurs cartes Wi-Fi, avec antennes déportées (port PCIe). Des barebones semblent fournir puissance et débit suffisants pour des expérimen-

TABLE 1 – Estimation du coût du matériel Wi-Fi typique

App	Type d'équipement	Coût	Nombre
Terminaux multimédia	Point d'Accès Wi-Fi 7	1k€	10
	Terminaux (mini-PC)	500€	30
	Carte Wi-Fi 7 PCIe	100€	30
Terminaux IoT	Points d'Accès Wi-Fi Halow	500€	5
	Nœud IoT	50€ (?)	30

tations. Un raspberry Pi 5 avec une carte HAT PCIe-to-M.2 pourrait fonctionner, mais ses capacités limitées semblent offrir un débit restreint (<https://raspberrytips.fr/pcie-raspberry-pi5/>).

- Les terminaux IoT doivent pouvoir minimiser leur consommation d'énergie. Des nœuds spécialisés, contrôlés par Walt ou une solution similaire à FIT IoT Lab seraient pertinents. Wi-Fi Halow (802.11ah) est par exemple spécialisé pour le support des nœuds IoT.

5.4 Autres communautés

La communauté des chercheurs travaillant sur la *edge computing* pourrait bénéficier d'une telle plateforme. Les stations et points d'accès pourraient notamment exécuter des algorithmes d'intelligence artificielle et assurer une partie du traitement local. La tendance actuelle vers la *softwarisation* des réseaux favorise ce type d'architecture, ouvrant ainsi la voie à de futures collaborations entre les domaines des réseaux et des systèmes distribués.

6 Besoins SDR et logiciels à long-terme pour une plateforme ambitieuse

Les points d'accès Wi-Fi actuels fournissent actuellement un très faible contrôle des algorithmes exécutés. Ainsi, il est à notre connaissance impossible de modifier les algorithmes d'ordonnancement, le contrôle fin des mécanismes d'économie d'énergie, etc.

L'implémentation du protocole sous forme de pile logicielle open source permettrait de donner une maîtrise totale aux chercheurs, favorisant ainsi des avancées concrètes dans ce domaine de recherche. L'intégration de cartes SDR (*Software Defined Radio*) avec une pile entièrement personnalisable constituerait un atout majeur pour la communauté, permettant d'étudier et de caractériser potentiellement n'importe quelle fonctionnalité. Une telle pile logicielle permet également de limiter l'obsolescence des équipements présents dans la plateforme, puisque les nouvelles versions de la norme Wi-Fi ne sont pas toujours compatibles avec les matériels anciens. L'implémentation logicielle des fonctions de

base (PHY, MAC, RLC, PDCP) d'un réseau 5G en constitue l'un des principaux atouts, ouvrant la voie à une plus grande flexibilité, à une innovation accélérée et à une réduction des coûts d'infrastructure. Des projets comme OpenAirInterface (<https://openairinterface.org/>) ou srsRAN (<https://www.srslte.com/>) en sont des exemples concrets.

Toutefois, l'implémentation d'une pile Wi-Fi open source compatible avec les dernières versions de la norme est relativement risquée puisqu'elle réunirait plusieurs communautés (*i.e.*, traitement du signal, réseaux, système). Cependant, ce serait un outil *high risk high gain*. Elle constitue donc un projet plus ambitieux que celui détaillé en section 5.

6.1 Besoins matériels & logiciels

Le développement de la pile openWiFi (<https://openwifi.tech/>) par l'université de Gand (Belgique) semble particulièrement prometteur. Ce projet repose sur un FPGA pour l'implémentation des couches basses, tel que la carte Xilinx ZC706 avec AD-FMCOMMS2, ADRV9361-Z7035 et ADRV9364-Z7020. Les mécanismes de WiFi 6 sont visiblement supportés, l'équipe travaillant sur un WiFi 7. Nous devrions nous rapprocher pour mutualiser les développements et réduire ainsi le risque. Il faudrait notamment étudier si des cartes telles que les USRP de cortexlab ou r2lab peuvent être utilisées, ou si des FPGA spécifiques sont requis.

Outre le matériel, nous avons surtout besoin d'ingénieurs pour le développement et l'évolution de cette pile open source Wi-Fi. Le matériel bas niveau requiert une expertise propre, et la communauté réseau a besoin de pouvoir partir d'un prototype fonctionnel pour le faire évoluer.

7 Équipes intéressées

Nous avons identifié les équipes suivantes qui s'impliqueraient dans l'utilisation de cette plateforme :

CRAN-MPSI possède une expertise forte en réseaux dans le mode industriel et notamment l'automatisation. L'équipe a développé une expertise forte en sans fil, et récemment en jumeaux numériques.

ICUBE-Réseaux : travaille sur les aspects algorithmes et protocoles, avec un focus récent sur la consommation d'énergie en Wi-Fi et le paramétrage fin des mécanismes disponibles dans les couches basses.

LIG-Drakkar possède une expertise forte en expérimentations en réseaux sans fil et dans le contrôle d'accès. L'équipe est notamment l'instigatrice de la plateforme WalT et travaille actuellement sur le développement de WalT on the Roof, un nœud d'expérimentation hautement configurable.

LIMOS-Réseaux : travaille sur la couche MAC de l'IoT, et la coexistence entre technologies réseaux ; collabore avec ICUBE-Réseaux sur la consommation d'énergie en Wi-Fi.

LIP-HowNET travaille sur l'évaluation de performances et le dimensionnement des solutions Wi-Fi, avec un focus récent sur les solutions d'économie d'énergie en Wi-Fi.

LIP6-NPA mène des travaux de recherche en métrologie sans fil (principalement Wi-Fi) depuis de nombreuses années et est à l'origine de la solution PyPal.

IRISA-MAGELLAN mène des travaux sur l'efficacité énergétique des stations Wi-Fi. L'équipe a développé un protocole d'expérimentation pour mesurer la consommation énergétique de station Wi-Fi en fonction des différents état de la MAC. Elle modélise également la consommation des stations Wi-Fi dans la pile Wi-Fi du simulateur ns-3.

8 Conclusion

Les plateformes existantes, bien que précieuses, restent limitées en termes de fonctionnalités et de passage à l'échelle. La création d'une plateforme nationale intégrant des équipements Wi-Fi 6E et Wi-Fi 7 (et dans le futur le Wi-Fi 8), des terminaux IoT (Wi-Fi Hallow) et multimédias, ainsi que des outils d'instrumentation avancés, permettrait de combler ce manque. Une telle infrastructure offrirait aux chercheurs la possibilité d'expérimenter *in vivo* des algorithmes innovants, de valider des modèles théoriques et de développer des solutions adaptées aux besoins futurs, notamment en matière d'isolation des flux (*network slicing*) et d'intégration avec des technologies comme TSN (*Time Sensitive Networking*).

À plus long terme, l'ambition d'une pile logicielle open source, couplée à des cartes SDR (*Software Defined Radio*), représenterait une avancée majeure pour la communauté scientifique. Elle permettrait une personnalisation fine des protocoles, ouvrant la voie à des avancées concrètes et à une meilleure compréhension des mécanismes sous-jacents.

Références

- [1] Erfan Mozaffariahrar, Fabrice Theoleyre, and Michael Menth. A survey of wi-fi 6 : Technologies, advances, and challenges. *Future Internet*, 14(10), 2022.
- [2] Dave Cavalcanti, Carlos Cordeiro, Malcolm Smith, and Alon Regev. Wifi tsn : Enabling deterministic wireless connectivity over 802.11. *IEEE Communications Standards Magazine*, 6(4):22–29, 2022.
- [3] Esther Guerin. *Économie d'énergie sur la couche MAC pour les appareils Wi-Fi*. PhD thesis, ENS Lyon, 2024.
- [4] Diego González Morín, Pablo Pérez, and Ana García Armada. Toward the distributed implementation of immersive augmented reality architectures on 5g networks. *IEEE Communications Magazine*, 60(2):46–52, 2022.

- [5] Sergio Barrachina-Muñoz, Boris Bellalta, and Edward W. Knightly. Wi-fi channel bonding : An all-channel system and experimental study from urban hotspots to a sold-out stadium. *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 29(5):2101–2114, 2021.
- [6] Yiannis Yiakoumis, Manu Bansal, Adam Covington, Johan van Reijndam, Sachin Katti, and Nick McKeown. Behop : A testbed for dense wifi networks. *SIGMOBILE Mob. Comput. Commun. Rev.*, 18(3):71–80, January 2015.
- [7] Chaowei Wang, Mingliang Pang, Dinghui Zhong, Yuling Cui, and Weidong Wang. A mmwave communication testbed based on ieee 802.11ad with scalable ptmp configuration. *China Communications*, 19(4):44–56, 2022.