



Industrie
Canada

Industry
Canada

Mai 2012

Gestion du spectre et télécommunications

Rapport

Étude de cas : Mesures de l'exposition aux radiofréquences dues aux dispositifs Wi-Fi

Also available in English

Canada

Remerciements

Les employés suivants d'Industrie Canada ont participé au travail de mesures dont fait état le présent document.

Joe Doria, ing.
Ingénieur de projet de district – Opérations

Josette Gallant
Ingénieure principale, CME/EMI et bioélectromagnétique

Vicky Lai, ing.
Ingénieure régionale – Opérations

Sumesh Mohabeer, ing.
Ingénieur régional – Opérations

Hughes Nappert, ing.
Gestionnaire, Normes réglementaires

Jason Nixon
Technologue des essais et de mesures en télécommunications

Darek Noga
Spécialiste en technologie de l'information

Stéphane Proulx
Gestionnaire, Laboratoire radio

Prière de transmettre toute demande de renseignements au sujet du présent rapport à l'adresse suivante :

Industrie Canada
Direction générale du génie, de la planification et des normes
300, rue Slater
Ottawa (Ontario) K1A 0C8

a/s de : Normes réglementaires

Courriel : res.nmr@ic.gc.ca

Table des matières

Préambule	1
Synthèse	2
1.0 Introduction	4
2.0 Instruments et méthodes	5
2.1 Instruments de mesure des champs RF	5
2.2 Points d'accès Wi-Fi et dispositifs Wi-Fi testés	6
2.3 Lieu de prise des mesures et conditions ambiantes	9
2.4 Méthode de mesure	11
3.0 Résultats des mesures	12
3.1 Champs ambiants	13
3.2 Résultats des essais avec les points d'accès Wi-Fi et les dispositifs Wi-Fi en fonctionnement	13
4.0 Discussion	17
4.1 Application de l'incertitude associée aux instruments de mesure, pour la détermination des moyennes spatiales et temporelles	17
4.2 Impact du protocole Wi-Fi sur l'exposition aux RF	17
5.0 Conclusion	19
Annexe A – Normes Wi-Fi, attribution du spectre et émissions	20
Annexe B – Zones de champ proche et de champ lointain	24
Annexe C – Incertitude due aux instruments de mesure	25
Annexe D – Limites du CS6 de Santé Canada pour les environnements non contrôlés	26
Annexe E – Résultats détaillés des mesures	27
Références	39

Préambule

La radiocommunication, y compris les aspects techniques relatifs à la radiodiffusion, est régie par Industrie Canada, qui a le pouvoir d'établir des normes, des règles, des politiques et des procédures. En vertu de ces pouvoirs, Industrie Canada a adopté le Code de sécurité 6 (CS6) de Santé Canada pour assurer la protection du public contre la surexposition à l'énergie radioélectrique.

Dans le cadre de la surveillance continue de la conformité des dispositifs sans fil envers les exigences réglementaires, Industrie Canada a mené une série de tests élaborés afin de mesurer l'exposition aux radiofréquences (RF) venant des dispositifs Wi-Fi dans un environnement semblable à celui d'une salle de classe. Cette étude, menée à la fin 2011, a confirmé que le niveau d'exposition aux RF était considérablement au-dessous des limites du CS6 pour les environnements non contrôlés. L'exposition aux RF mesurée dans cette étude provenait de dispositifs sans fil opérant à une puissance supérieure à la plupart des dispositifs Wi-Fi présentement disponibles sur le marché canadien.

Les mesures étaient basées sur 24 ordinateurs portatifs et deux points d'accès, ou routeurs, dans un scénario « le plus défavorable » comprenant un téléchargement d'un gros fichier, tel qu'un fichier vidéo ou l'utilisation d'applications interactives entre plusieurs ordinateurs que l'on retrouve dans une salle de classe.

Les mesures étaient prises à plusieurs endroits dans la salle et à différentes distances des points d'accès Wi-Fi, incluant les endroits où les niveaux plus élevés d'exposition aux RF sont habituellement décelés. Toutes les mesures d'exposition aux RF étaient bien en deçà des limites du CS6 pour les environnements non contrôlés.

Synthèse

Nombreux sont les consommateurs, entreprises et établissements publics et privés (écoles, hôpitaux, bibliothèques, etc.) qui installent des points d'accès Wi-Fi dans leurs locaux. Ces points d'accès Wi-Fi consistent habituellement en un ou plusieurs émetteurs à faible puissance installés au plafond, sur des tables ou sur des bureaux et qui permettent aux utilisateurs d'accéder à Internet par le truchement de dispositifs Wi-Fi standard, comme des ordinateurs portables. Vu les préoccupations récentes dans le public au sujet de la prolifération de la technologie Wi-Fi, le personnel d'Industrie Canada a mesuré les radiofréquences émises par ces dispositifs dans la salle de conférence d'Industrie Canada à Aurora (Ontario). Cette salle contenait deux points d'accès Wi-Fi et 24 dispositifs Wi-Fi (portables). Cette étude visait à mesurer les niveaux d'exposition cumulés aux RF dues à plusieurs points d'accès et dispositifs Wi-Fi à l'intérieur d'un bâtiment.

Le Code de sécurité 6 (CS6) de Santé Canada prescrit les expositions limites maximales aux champs de radiofréquence (RF) dans des environnements contrôlés et non contrôlés¹.

Industrie Canada a adopté les lignes directrices de Santé Canada afin de protéger le grand public contre la surexposition aux RF. Toutes les installations et tous les appareils doivent se conformer aux limites du CS6 pour les environnements non contrôlés. La limite d'exposition maximale, selon le code CS6, est exprimée en unités de mesure de l'intensité du champ (volts par mètre ou V/m, ou en ampères par mètre ou A/m) ou en unités de mesure de la densité de puissance (watts par mètre carré ou W/m²). Dans ce document, nous présentons les résultats en termes plus simples, c'est-à-dire en pourcentage des « limites du CS6 pour les environnements non contrôlés ».

En vertu des exigences d'établissement de moyennes spatiales et temporelles établies dans les documents d'Industrie Canada LD-01 et NT-329^{2, 3}, le niveau d'exposition mesuré aux RF était de 0,19 % des limites du CS6 (c'est-à-dire 515 fois sous cette limite). Cette valeur comprend l'incertitude associée aux instruments de mesure. Dans ce scénario, les deux points d'accès Wi-Fi fonctionnaient pendant que les 24 dispositifs Wi-Fi téléchargeaient simultanément en aval un fichier de grande taille. Ces mesures ont été réalisées au point qui présentait le plus grand degré d'exposition aux RF pendant le balayage initial de la salle de conférence.

Pour ces mesures, le point d'accès Wi-Fi 1 (PA1) était dans un mode d'essai qui le forçait à transmettre en continu, tandis que le point d'accès Wi-Fi n° 2 (PA2) était en mode de communication normale avec tous les 24 portables, qui étaient tous en mode de téléchargement (depuis un serveur). Lorsque l'un des points d'accès Wi-Fi était configuré pour émettre de façon continue à l'aide du logiciel d'essai, les niveaux RF mesurés étaient supérieurs à ceux obtenus avec le même dispositif fonctionnant en mode normal.

¹ « Limites pour les environnements non contrôlés » et « limites pour les environnements contrôlés » sont la terminologie présentement utilisée dans le Code de sécurité 6 (2009) de Santé Canada. Les limites pour les environnements non contrôlés sont typiquement applicables au grand public. Dans les versions antérieures du Code de sécurité 6, elles étaient définies comme les limites du grand public.

² Voir LD-01 - Lignes directrices relatives à la mesure des champs radioélectriques de la gamme de fréquences de 3 KHz à 300 GHz (<http://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/fra/sf01451.html>).

³ Voir NT-329 - Procédures de mesure selon le Code de sécurité 6 (CS6) (environnements non contrôlés) (<http://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/fra/sf09977.html>).

Des mesures ont également été réalisées en un point afin de déterminer la variation des niveaux d'exposition aux RF lorsque les portables étaient en mode de téléchargement aval (depuis un serveur hôte) et/ou amont (vers un serveur hôte). Pour ces mesures, les portables étaient connectés au Wi-Fi PA2, qui fonctionnait à 2 437 MHz. Le niveau moyen le plus élevé d'exposition aux RF, obtenu pour quatre configurations différentes de téléchargement (dans les deux sens) a été obtenu lorsqu'un seul portable téléchargeait depuis un serveur (téléchargement aval), par rapport à la situation où plusieurs portables téléchargeaient (dans les deux sens).

À 20 cm des points d'accès Wi-Fi, les niveaux instantanés maximaux d'exposition aux RF obtenus pour les Wi-Fi PA1 et PA2 étaient de 10,59 % et de 7,73 % des limites du CS6, respectivement.

Pour un scénario typique où une personne est située à plusieurs mètres d'un point d'accès et entourée d'autres usagers, le niveau d'exposition RF sera plusieurs milliers de fois sous les limites du CS6.

Industrie Canada a constaté que les niveaux cumulés d'exposition aux RF étaient bien en deçà des limites du CS6 dans les locaux d'essai. De plus, les points d'accès Wi-Fi sélectionnés pour cette étude fonctionnaient à une puissance plus élevée que la majorité des dispositifs Wi-Fi actuellement disponibles sur le marché canadien. Par conséquent, les résultats obtenus par cette étude sont probablement plus élevés que ce que donneraient des configurations équivalentes dans des établissements publics et privés.

1.0 Introduction

Le sigle Wi-Fi est une marque déposée de la Wi-Fi Alliance. Les fabricants peuvent utiliser la mention « Wi-Fi » pour identifier les produits certifiés qui appartiennent à une classe de dispositifs de réseau local (WLAN) sans fil basés sur la norme IEEE 802.11. En raison de l'étroite parenté avec la norme sous-jacente, le terme Wi-Fi est souvent utilisé comme synonyme pour désigner la technologie visée par la norme IEEE 802.11 (voir Annexe A).

En vertu des règlements d'Industrie Canada, les dispositifs Wi-Fi sont exempts de licence s'ils sont certifiés selon les exigences techniques de la norme CNR-210⁴ – *Appareils radio exempts de licence (pour toutes les bandes de fréquence) : Matériel de catégorie I*, comme les niveaux de puissance, ainsi que les exigences de la norme CNR-102⁵ – *Conformité des appareils de radiocommunications aux limites d'exposition humaine aux radiofréquences (toutes bandes de fréquence)* pour la conformité aux limites d'exposition aux RF, ce qui comprend les limites du Code de sécurité 6 de Santé Canada⁶ (voir l'Annexe D). Les points d'accès (PA)⁷ Wi-Fi doivent faire l'objet d'une évaluation d'exposition aux RF⁸, tandis que les dispositifs Wi-Fi, comme les portables, contenant des cartes clients Wi-Fi doivent faire l'objet d'une évaluation du débit d'absorption spécifique (DAS)⁹, dans le cadre des exigences de certification décrites dans le document CNR-102. En vertu des exigences de la norme CNR-102, il incombe également au fabricant de fournir des instructions appropriées à l'utilisateur du dispositif sans fil, et d'indiquer toutes restrictions touchant l'utilisation, afin d'assurer la conformité aux limites du CS6.

Au Canada, les systèmes Wi-Fi peuvent fonctionner dans les plages de fréquences suivantes : 2 400-2 483,5 MHz (CNR-210 Annexe 8), 5 150-5 350 MHz (CNR-210 Annexe 9), 5 470-5 825 MHz (CNR-210 Annexe 9) et 5 725-5 875 MHz (CNR-210 Annexe 8), utilisant des canaux de 20 ou de 40 MHz. Les dispositifs Wi-Fi peuvent également fonctionner à différents niveaux de puissance, tout dépendant des caractéristiques de la bande et du mode de fonctionnement. Selon les exigences techniques du document CNR-210, la puissance transmise par conduction maximale (dans l'antenne) et la puissance isotrope rayonnée équivalente maximale (PIRE) ne doivent pas dépasser 1 watt et 4 watts, respectivement. Toutefois, la grande majorité des dispositifs Wi-Fi actuellement vendus sur le marché canadien fonctionnent à des niveaux de puissance plus faibles (p. ex., PIRE < 1 W).

⁴ CNR-210, *Appareils radio exempts de licence (pour toutes les bandes de fréquences) : matériel de catégorie I* (<http://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/fra/sf01320.html>).

⁵ CNR-102, *Conformité des appareils de radiocommunication aux limites d'exposition humaine aux radiofréquences (toutes bandes de fréquences)* (<http://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/fra/sf01904.html>).

⁶ Santé Canada, *Limites d'exposition humaine à l'énergie électromagnétique radioélectrique dans la gamme de fréquences de 3 kHz à 300 GHz – Code de sécurité 6 (2009)* (http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/radiation/radio_guide-lignes_direct-fra.php).

⁷ Les points d'accès Wi-Fi sont communément nommés routeurs Wi-Fi.

⁸ **Évaluation d'exposition aux RF** : Méthode utilisée pour évaluer les niveaux d'intensité de champ RF émises par un dispositif. L'évaluation d'exposition aux radiofréquences est requise si la distance de séparation entre l'utilisateur et le dispositif est supérieure à 20 cm.

⁹ **Évaluation du débit d'absorption spécifique (DAS)** : Méthode utilisée pour évaluer les niveaux DAS venant d'un dispositif au moyen de techniques de mesure physique ou de modélisation computationnelle. L'évaluation du DAS est requise si la distance de séparation entre le dispositif et l'utilisateur ou des tiers est inférieure ou égale à 20 cm.

Nombreux sont les consommateurs, entreprises et établissements publics et privés qui installent des points d'accès Wi-Fi dans leurs locaux. Ces points d'accès consistent habituellement en un ou plusieurs émetteurs à faible puissance installés au plafond, sur des tables ou sur bureaux, et qui permettent aux utilisateurs d'accéder à Internet à l'aide de dispositifs Wi-Fi standard, comme des portables.

Vu les préoccupations récentes du public au sujet de la prolifération de la technologie Wi-Fi, cette étude de cas visait à mesurer les niveaux d'exposition aux RF produites par plusieurs points d'accès et dispositifs Wi-Fi à l'intérieur d'un bâtiment, et à évaluer la conformité aux limites du CS6. Toutefois, il serait impossible de tester toutes les configurations possibles dans lesquelles ces dispositifs sont employés. Par conséquent, des scénarios spécifiques ont été mis au point pour déterminer les niveaux cumulés d'exposition aux RF à l'intérieur d'un bâtiment.

2.0 Instruments et méthodes

2.1 Instruments de mesure des champs RF

Nous avons utilisé les instruments de mesure RF ci-dessous; le tableau 1 indique également les instruments utilisés en laboratoire pour mesurer les niveaux d'émission rayonnée.

Tableau 1 – Liste des instruments de mesure et des dispositifs auxiliaires

Instrument / dispositif auxiliaire	Modèle	Fabricant	Numéro de série	Date d'étalonnage	Date du prochain étalonnage
Appareil de mesure sélective du rayonnement	SRM 3006	Narda	D0154	31-01-2011	31-01-2013
Câble RF MSR, 9 kHz – 6 GHz, N 50 ohms, 5 m	3 602/02	Narda	AA-0096	28-01-2011	28-01-2013
Antenne à champ E triaxiale 50 MHz – 3 GHz	3 501/02	Narda	H-0350	28-02-2011	28-02-2013
Antenne à champ E triaxiale 420 MHz – 6 GHz	3 502/01	Narda	B-0137	28-01-2011	28-01-2013
Analyseur de spectre	FSL	Rohde & Schwarz	101098	01-02-2011	01-02-2012
Câble de chambre RF	s.o.	Huber & Suhner	236469 001	17-10-2011	17-10-2012
Câble RF	RD-162	Huber & Suhner	121-42673 001	30-03-2011	30-03-2012
Câble RF	RD-101	Huber & Suhner	160561 001	01-02-2011	01-02-2012
Antenne à cornet	3 117	ETS-Lindgren	00075938	21-07-2011	21-07-2012

Nous avons aussi utilisé des dispositifs auxiliaires tels qu'un trépied non métallique, un ruban à mesurer, une caméra numérique et du ruban-cache.

L'appareil Narda MSR 3006 était configuré dans le mode Évaluation de sécurité. Il affichait les niveaux d'exposition aux RF en pourcentage des limites du CS6. Entre 50 et 70 balayages¹⁰ d'une durée d'environ 1,2 seconde chacun ont été réalisés à chaque point de mesure (sauf là où l'on mesurait une moyenne sur 6 minutes).

¹⁰ Un balayage désigne le temps requis pour mesurer un spectre (bande(s) de fréquences sous étude) et l'afficher.

2.2 Points d'accès Wi-Fi et dispositifs Wi-Fi testés

Les tableaux 2 et 3 indiquent les points d'accès Wi-Fi et les dispositifs (portables) Wi-Fi, respectivement, qui ont été utilisés pour ces mesures des champs Wi-Fi.

Le point d'accès Wi-Fi 1 (PA1) était configuré pour émettre en continu¹¹, avec le logiciel en mode d'essai. L'émission en continu a été choisie afin de représenter le pire scénario d'exposition par ce point d'accès Wi-Fi. La fréquence centrale de fonctionnement était de 5 180 MHz (canal 36). Le PA1 était installé au plafond, et l'antenne se trouvait à environ 2,05 mètres du plancher (voir la figure 1). Le panneau d'antenne utilisé avait un gain directionnel de 7,5 dBi.



Figure 1 – Montage du PA1 (5 180 MHz) près du plafond

Au point d'accès Wi-Fi 2 (PA2), le dispositif émettait normalement à une fréquence centrale de 2 437 MHz (canal 6). Il n'y avait pas de logiciel d'essai pour le PA2. Par conséquent, les mesures n'ont pas été réalisées en continu pour le PA2. Ce point d'accès se trouvait sur le sommet d'une tour d'ordinateur de bureau, à environ 1,1 mètre du plancher (voir la figure 2).

¹¹ L'émission continue représente un cycle de charge d'environ 100 %.



Figure 2 – Montage du PA2 (2 437 MHz) à 1,1 mètre du plancher

Les PA1 et PA2, étaient chacun réglés à un niveau de puissance transmise par conduction de 24 dBm (251 mW). Le PA1 avait une puissance PIRE de 30,3 dBm (1,1 W), tandis que le PA2 avait une puissance PIRE de 33,7 dBm (2,3 W)¹².

Ces deux points d'accès ont été choisis spécialement pour leur puissance PIRE, légèrement supérieure à celle de la plupart des points d'accès Wi-Fi actuellement disponibles sur le marché canadien. Comme le Wi-Fi PA1 était réglé pour émettre en continu, les niveaux RF mesurés sont plus élevés que pour un même dispositif en mode de fonctionnement normal¹³. Par conséquent, les résultats obtenus au cours de cette étude de cas sont supérieurs à ceux que l'on obtiendrait dans des montages équivalents, en établissements publics et privés.

¹² La puissance PIRE a été déterminée d'après des essais d'émission rayonnée réalisés dans une chambre anéchoïque à trois mètres des points d'accès, lorsque leur puissance transmise par conduction était réglée à 24 dBm.

¹³ Les signaux émis en mode Wi-Fi en fonctionnement régulier (et non en mode d'essai) sont pulsés, avec un faible cycle de charge.

Tableau 2 – Liste des points d'accès Wi-Fi

N° du point d'accès	Bande Wi-Fi disponible	N° de certification IC	Modèle
1	2/5 GHz	4675A-AP134135	Aruba AP-134
2	2/5 GHz	3839A-E3200	Cisco E3200

Tableau 3 – Liste des portables Wi-Fi

N° du portable	Bandes Wi-Fi disponibles	N° de certification IC	Modèle
1	2/5 GHz	248H-DPA3375W	Toshiba Tecra S2
2	2/5 GHz	248H-DPA3489W	Toshiba Tecra S4
3	2/5 GHz	248H-DPA3795W	Toshiba Tecra S11
4	2 GHz	248H-DPA3362W	Toshiba Portégé M200
5	2 GHz	248H-DPA3272W	Toshiba Tecra S1
6	2 GHz	248H-DPA3362W	Toshiba Tecra S1
7	2 GHz	248H-DPA3272W	Toshiba Tecra S1
8	2/5 GHz	248H-DPA3538W	Toshiba Tecra S9
9	2/5 GHz	248H-DPA3489W	Toshiba Portégé M700/M710
10	2/5 GHz	248H-DPA3489W	Toshiba Portégé M700/M710
11	2/5 GHz	248H-DPA3489W	Toshiba Portégé M700/M710
12	2/5 GHz	248H-DPA3489W	Toshiba Portégé M700/M710
13	2/5 GHz	248H-DPA3375W	Toshiba Tecra S2
14	2/5 GHz	248H-DPA3538W	Toshiba Tecra A9
15	2/5 GHz	248H-DPA3538W	Toshiba Tecra A9
16	2/5 GHz	248H-DPA3538W	Toshiba Tecra A9
17	2/5 GHz	248H-DPA3538W	Toshiba Tecra A9
18	2/5 GHz	248H-DPA3375W	Toshiba Tecra S2
19	2/5 GHz	248H-DPA3375W	Toshiba Tecra S2
20	2/5 GHz	248H-DPA3375W	Toshiba Tecra S2
21	2/5 GHz	248H-DPA3375W	Toshiba Tecra S2
22	2/5 GHz	248H-DPA3375W	Toshiba Tecra S2
23	2/5 GHz	248H-DPA3375W	Toshiba Tecra S2
24	2/5 GHz	248H-DPA3375W	Toshiba Tecra S2

Nous avons installé le programme NetStumbler¹⁴ sur un portable pour identifier les points d'accès Wi-Fi dans la zone d'essai. Le logiciel fournissait de l'information sur l'intensité des signaux de chaque point d'accès Wi-Fi. Le 8 novembre 2011, le logiciel NetStumbler[©] a détecté quatre autres points d'accès. L'intensité des signaux émis par ces quatre points d'accès Wi-Fi était de 45 à 51 dB sous celle des deux points d'accès Wi-Fi testés. Le 9 novembre 2011, le logiciel NetStumbler[©] a détecté sept autres points d'accès Wi-Fi. L'intensité des signaux émis par ces points d'accès Wi-Fi était de 33 à 65 dB sous celle des deux points d'accès testés. Ces points d'accès Wi-Fi additionnels fonctionnaient tous dans la bande de 2,4 GHz.

¹⁴ NetStumbler[©] – <http://www.netstumbler.com>.

2.3 Lieu de prise des mesures et conditions ambiantes

Les mesures ont été réalisées les 8 et 9 novembre 2011 dans des bureaux d'Industrie Canada situés à Aurora en Ontario (voir la figure 3). La température dans la salle de conférence était d'environ 20 °C et le taux d'humidité était faible.



Figure 3 – Vue aérienne du bâtiment où les mesures ont été prises, Aurora (Ontario)

La figure 4 représente schématiquement la salle de conférence et les points de mesure. La figure 5 montre une photographie du montage dans la salle de conférence.

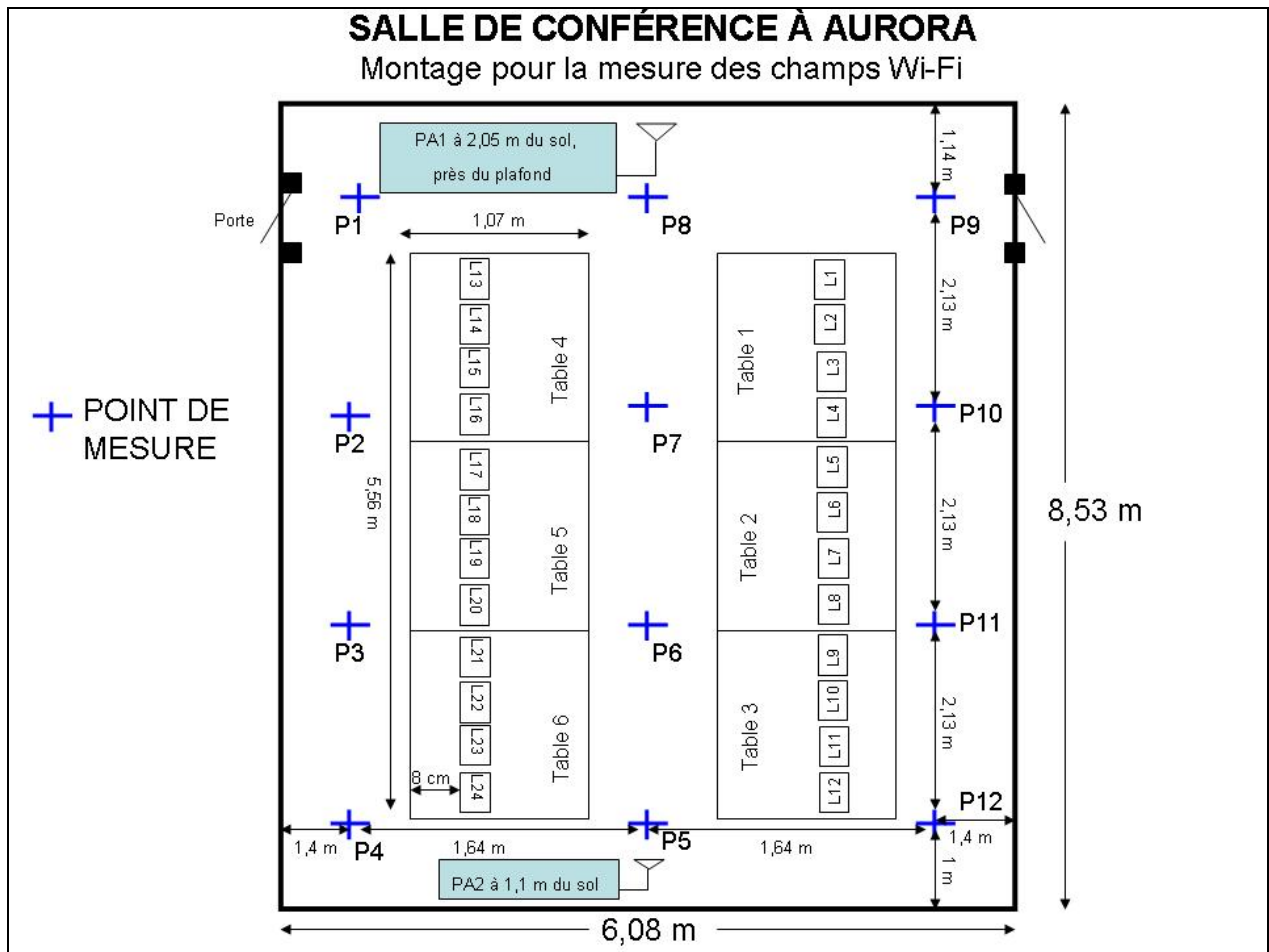


Figure 4 – Schéma du montage de mesure des champs Wi-Fi



Figure 5 – Montage pour la mesure des champs Wi-Fi dans la salle de conférence

2.4 Méthode de mesure

La méthode de mesure était basée sur deux documents d'Industrie Canada : LD-01¹⁵ – *Lignes directrices relatives à la mesure des champs radioélectriques de la gamme de fréquences de 3 kHz à 300 GHz* et NT-329¹⁶ – *Procédures de mesure selon le Code de sécurité 6 (CS6) (environnements non contrôlés)*.

Dans cette étude, nous n'avons pas évalué l'exposition dans le champ proche, qui requiert un montage d'essai en laboratoire pour déterminer la conformité à la limite DAS selon le document CNR-102. L'évaluation du DAS des dispositifs Wi-Fi, comme les portables, est réalisée par des laboratoires indépendants dans le cadre des exigences techniques de la certification, alors l'exposition dans le champ proche devrait déjà avoir été évaluée.

Le tableau 4 et le tableau 5 présentent respectivement les scénarios d'essai pour les champs ambiants et pour les dispositifs Wi-Fi en fonctionnement :

Tableau 4 – Scénarios d'essai pour les champs ambiants

Scénario d'essai n°	Bande de fréquences	Point de la mesure	Hauteur de l'antenne triaxiale	Durée totale de la mesure ou du balayage	Points d'accès Wi-Fi
1a	50 MHz à 6 GHz	À chaque point présélectionné ^a	1,75 m	~ 1 min	FERMÉS
2a	50 MHz à 6 GHz	En un point (P11)	1,25 m ^b	~ 1 min	FERMÉS
3a	50 MHz à 6 GHz	En un point (P11)	1,25 m	6 min	FERMÉS
4a	50 MHz à 6 GHz	En un point (P11)	Matrice à 9 points représentant une coupe transversale du corps humain ^c	12 secondes à chaque point	FERMÉS

^a Voir la figure 4 pour les points de mesure présélectionnés.

^b La hauteur de 1,25 mètre représente approximativement la hauteur d'une personne en position assise.

^c La matrice à neuf points est décrite dans le document de Santé Canada *Guide technique pour l'interprétation et l'évaluation de la conformité aux lignes directrices de Santé Canada sur l'exposition aux radiofréquences*. (http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/radiation/radio_guide-lignes_direct-fra.php)

¹⁵ LD-01 – <http://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/fra/sf01451.html>.

¹⁶ NT-329 – <http://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/fra/sf09977.html>.

Tableau 5 – Scénarios d’essai pour les dispositifs Wi-Fi en fonctionnement

Scénario d’essai n°	Bande de fréquences	Endroit de la mesure	Hauteur de l’antenne triaxiale	Durée totale de la mesure ou du balayage	Dispositifs Wi-Fi	Points d’accès Wi-Fi
1b	2,4 à 5,825 GHz	À chaque point présélectionné	1,75 m	~ 1 min	Tous les portables en mode de téléchargement aval ^a	OUVERTS
2b	2,4 à 5,825 GHz	À chaque point présélectionné	1,25 m	~ 1 min	Tous les portables en mode de téléchargement aval	OUVERTS
3b	2,4 à 5,825 GHz	Au point présentant le niveau RF le plus élevé d’après les résultats de 1b et 2b point P5	Matrice à 9 points (coupe transversale du corps humain)	6 min à chaque point ^b	Tous les portables en mode de téléchargement aval	OUVERTS
4b	2 400 à 2 483,5 MHz	À 50 cm du point P7, plus près du point P8	1,25 m	6 min	8 portables en mode de téléchargement amont ^c et les 16 autres éteints	OUVERTS
5b	2 400 à 2 483,5 MHz	À 50 cm du point P7, plus près du point P8	1,25 m	6 min	8 portables en mode de téléchargement amont, les 16 autres en mode de téléchargement aval	OUVERTS
6b	2 400 à 2 483,5 MHz	À 50 cm du point P7, plus près du point P8	1,25 m	6 min	1 portable en mode de téléchargement amont et les 23 autres éteints	OUVERTS
7b	2 400 à 2 483,5 MHz	À 50 cm du point P7, plus près du point P8	1,25 m	6 min	1 portable en mode de téléchargement aval et les 23 autres éteints	OUVERTS
8b	5 150 à 5 350 MHz	20 cm du PA1	s.o.	~ 1 min	Tous les portables en mode de téléchargement aval	OUVERTS
9b	2 400 à 2 483,5 MHz	20 cm du PA2	s.o.	~ 1 min	Tous les portables en mode de téléchargement aval	OUVERTS

^a Mode de téléchargement aval : les dispositifs Wi-Fi reçoivent les données d’un réseau éloigné (c’est-à-dire depuis un serveur hôte, par le truchement d’un point d’accès Wi-Fi)

^b Pour chaque point de la matrice à neuf points, une mesure de six minutes est réalisée afin d’obtenir le niveau RF basé sur la moyenne spatiale et temporelle.

^c Mode de téléchargement amont : les dispositifs Wi-Fi émettent des données vers un réseau éloigné (c’est-à-dire vers un serveur hôte, par le truchement d’un point d’accès Wi-Fi).

3.0 Résultats des mesures

3.1 Champs ambiants

Les premières mesures visaient à déterminer les niveaux d'exposition aux RF dans l'environnement ambiant lorsque les dispositifs Wi-Fi testés et tous les autres dispositifs sans fil dans la salle de conférence, ne fonctionnaient pas. Cette section résume les principaux résultats des scénarios 1a à 4a. Les résultats détaillés des mesures figurent à l'Annexe E du présent document.

1a) Niveaux ambiants de 50 à 6 GHz à chaque point de mesure avec l'antenne triaxiale placée à une hauteur de 1,75 mètre.

Le point P6 présentait la valeur enregistrée instantanée la plus élevée (maximale), qui correspondait à 0,013 % des limites du CS6. Le niveau moyen d'exposition aux RF enregistré au même point était de 0,003 % des limites du CS6. Les valeurs moyennes de l'intensité du champ pour les 12 points étaient similaires, avec un écart type de 0,0001 %.

2a) Niveaux ambiants de 50 à 6 GHz en un point de mesure avec l'antenne triaxiale placée à une hauteur de 1,25 mètre.

Comme les niveaux d'exposition aux RF étaient similaires pour tous les points, le point P11 a été choisi arbitrairement pour placer l'antenne triaxiale à une hauteur de 1,25 mètre. Les niveaux d'exposition aux RF étaient similaires aux niveaux mesurés avec l'antenne triaxiale placée à une hauteur de 1,75 mètre. Le niveau moyen d'exposition aux RF enregistré à P11 était de 0,003 % des limites du CS6.

3a) Niveaux ambiants de 50 à 6 GHz en un point de mesure avec l'antenne triaxiale placée à une hauteur de 1,25 mètre pour un temps de balayage de 6 minutes.

Le point P11 a été choisi pour la mesure moyenne sur 6 minutes avec l'antenne triaxiale placée à une hauteur de 1,25 mètre. Le niveau moyen d'exposition aux RF enregistré était de 0,003 % des limites du CS6.

4a) Niveaux ambiants de 50 à 6 GHz en un point de mesure, selon une matrice à 9 points représentant une coupe transversale du corps humain.

La mesure de la moyenne spatiale selon une matrice à 9 points représentant une coupe transversale du corps humain a été réalisée au point P11. Comme les niveaux ambiants d'exposition aux RF étaient tous inférieurs aux limites du CS6, un balayage rapide a été réalisé à chacun des neuf points de la matrice. La valeur obtenue pour cette moyenne spatiale était de 0,003 % des limites du CS6. Le niveau ambiant moyen est le même, peu importe la location.

3.2 Résultats des essais avec les points d'accès Wi-Fi et les dispositifs Wi-Fi en fonctionnement

Des mesures ont été réalisées pour déterminer les niveaux d'exposition aux RF lorsque les dispositifs Wi-Fi testés et tous les dispositifs Wi-Fi dans la salle de conférence, fonctionnaient. La section suivante résume les principaux résultats des scénarios 1b à 9b. Les résultats détaillés des mesures figurent à l'Annexe E du présent document.

1b) Niveaux d'exposition aux RF de 2,4 à 5,825 GHz à chaque point de mesure présélectionné, avec l'antenne triaxiale placée à une hauteur de 1,75 mètre

Les mesures ont été réalisées à chaque point présélectionné (voir la figure 4), avec l'antenne triaxiale placée à une hauteur de 1,75 m. Les données ont été enregistrées pour environ 50 à 70 balayages (environ 1 minute) à chaque point. Les dispositifs Wi-Fi téléchargeaient un gros fichier depuis un serveur hôte via le PA2, tandis que le PA1 était en mode d'émission continue (cycle de charge d'environ 100 %).

Selon les résultats des mesures, le point P8 présentait le niveau d'exposition aux RF le plus élevé. Le point P8 était le point présélectionné le plus près du PA1 (distance ~1,1 m). Le niveau moyen d'exposition aux RF pour les bandes Wi-Fi à ce point était de 0,232 % des limites du CS6 (431 fois sous les limites). La bande de 5 150 MHz à 5 350 MHz présentait la plus importante contribution au niveau RF moyen, soit 0,229 % des limites du CS6 (436 fois sous les limites).

2b) Niveaux d'exposition aux RF de 2,4 à 5,825 GHz à chaque point de mesure présélectionné avec l'antenne triaxiale placée à une hauteur de 1,25 mètre

Les mesures ont été réalisées à chaque point présélectionné, avec l'antenne triaxiale placée à une hauteur de 1,25 m. Les données ont été enregistrées pour environ 50 à 70 balayages (environ 1 minute) à chaque point. Les dispositifs Wi-Fi téléchargeaient un gros fichier via le PA2, tandis que le PA1 était en mode d'émission continue (cycle de charge d'environ 100 %).

Selon les résultats des mesures, le point P5 présentait le niveau d'exposition aux RF le plus élevé. Le point P5 était le point présélectionné le plus près du PA2 (distance ~ 0.43 m). Le niveau moyen d'exposition aux RF pour les bandes Wi-Fi à ce point était de 0,234 % des limites du CS6 (427 fois sous les limites). La bande de 2 400 à 2 483,5 MHz présentait la plus importante contribution au niveau RF moyen, soit 0,221 % des limites du CS6 (452 fois sous les limites).

3b) Moyennes spatiales et temporelles des niveaux d'exposition aux RF de 2,4 à 5,825 GHz au point présentant les niveaux les plus élevés mesurés aux étapes 1b) et 2b)

Les lignes directrices du Code de sécurité 6 de Santé Canada stipulent que lorsque l'intensité de l'exposition varie grandement à l'intérieur d'une période de 6 minutes, on doit calculer les valeurs moyennes dans le temps en se basant sur plusieurs mesures. Les lignes directrices du Code de sécurité 6 indiquent également que la moyenne spatiale (à partir d'une matrice de neuf points) sur la surface projetée (surface plane), équivalente à la tête et au corps d'une personne, doit être mesurée si les valeurs locales varient de plus de 20 %.

Conformément aux exigences de détermination des moyennes spatiales et temporelles énoncées dans les documents LD-01 et NT-329 d'Industrie Canada (basés sur les lignes directrices de CS6), les moyennes spatiales et temporelles ont été calculées au point présentant la plus grande valeur d'exposition aux RF, selon les mesures 1b) et 2b). Le point P5, qui se trouvait le plus près du PA2, a été sélectionné pour ses mesures de moyennes spatiales et temporelles. Les données ont été enregistrées pendant 6 minutes à chacun des neuf points de la matrice. Tout comme dans les scénarios d'essai 1b) et 2b), les deux points d'accès Wi-Fi étaient opérationnels, et tous les dispositifs Wi-Fi téléchargeaient en aval.

Les pourcentages des limites du CS6 ont été mesurés entre 2 400 MHz et 5 825 MHz. Les valeurs moyennes spatiales et temporelles étaient de 0,099 % des limites du CS6 (1 010 fois sous les limites).

4b) Niveaux d'exposition aux RF pour huit portables reliés au PA2 en mode de téléchargement amont, en un point de mesure présélectionné, avec l'antenne triaxiale placée à une hauteur de 1,25 mètre

Pour les quatre scénarios d'essai suivants [voir 4b), 5b), 6b) et 7b)], des mesures ont été prises afin de déterminer la variation des niveaux d'exposition aux RF lorsque les portables étaient en mode de téléchargement (aval ou amont) en un point de mesure sélectionné. L'antenne triaxiale utilisée pour les mesures était placée à une hauteur de 1,25 mètre. Le point de mesure se trouvait à 50 cm du point P7, plus près du point P8. Ce point a été sélectionné, car il se trouvait au centre des huit portables en mode de téléchargement amont (voir la figure 6). L'emplacement de mesure et la hauteur de l'antenne triaxiale n'ont pas été modifiés pour les scénarios d'essai 4b), 5b), 6b) et 7b). Les données ont été enregistrées pendant 6 minutes pour les quatre scénarios de téléchargement aval et/ou amont.

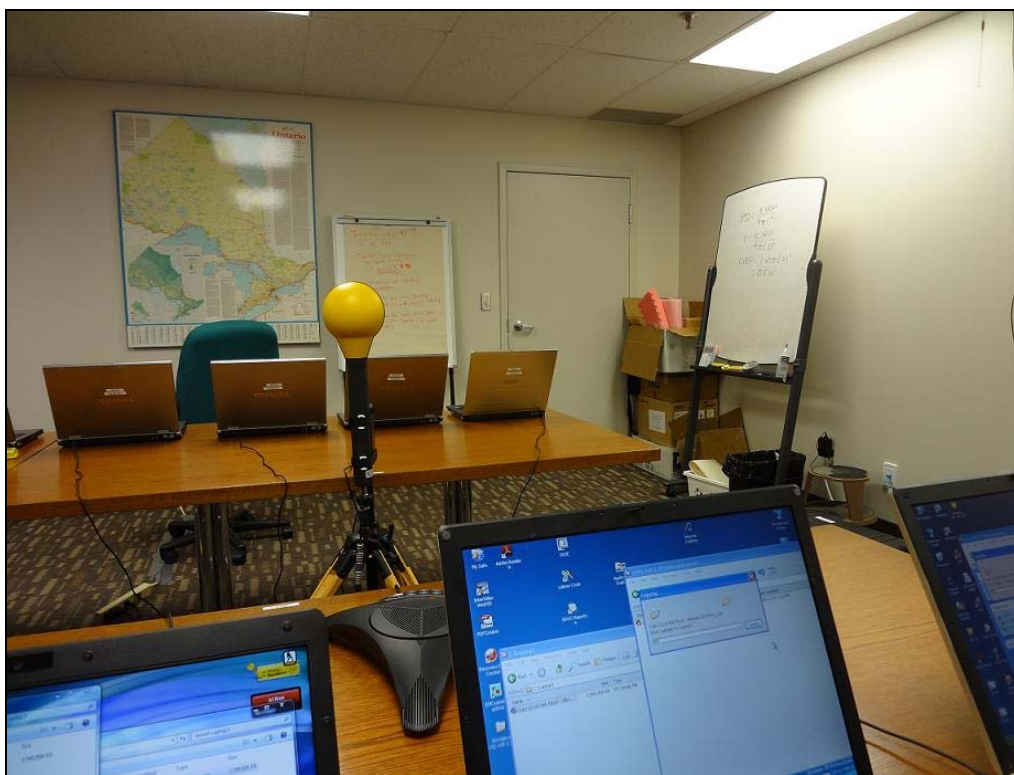


Figure 6 – Emplacement de l'antenne triaxiale pour les scénarios de téléchargement amont et/ou aval

Dans le scénario 4b, huit portables (ordinateurs 1 à 4 et 13 à 16) téléchargeaient vers un serveur un gros fichier d'environ 3,6 Go, via le PA2, pendant que les 16 portables restants étaient fermés. Le niveau moyen d'exposition aux RF pour la bande de 2 400 à 2 483,5 MHz a été mesuré, et il était de 0,006 % des limites du CS6.

5b) Niveaux d'exposition aux RF pour huit portables reliés au PA2 en mode de téléchargement amont, et 16 portables en mode de téléchargement aval, en un point de mesure présélectionné, avec l'antenne triaxiale placée à une hauteur de 1,25 mètre

Dans ce scénario, huit portables (ordinateurs 1 à 4 et 13 à 16) téléchargeaient vers un serveur un gros fichier d'environ 3,6 Go, via le PA2, tandis que les autres portables téléchargeaient depuis un serveur un gros fichier d'environ 14,4 Go via le PA2. Le niveau moyen d'exposition aux RF pour la bande de 2 400 à 2 483,5 MHz était de 0,005 % des limites du CS6.

6b) Niveaux d'exposition aux RF pour un portable relié au PA2 en mode de téléchargement amont, en un point de mesure présélectionné, avec l'antenne triaxiale placée à une hauteur de 1,25 mètre

Dans ce scénario, le portable 3 téléchargeait vers un serveur un gros fichier d'environ 3,6 Go via le PA2, tandis que les autres portables étaient fermés. Le portable 3 a été sélectionné, car c'était le plus près de l'antenne de mesure triaxiale. Le niveau moyen d'exposition aux RF pour la bande de 2 400 à 2 483,5 MHz était de 0,004 % des limites du CS6.

7b) Niveaux d'exposition aux RF pour un portable relié au PA2 en mode de téléchargement aval en un point de mesure présélectionné, avec l'antenne triaxiale placée à une hauteur de 1,25 mètre

Dans ce scénario, le portable 3 téléchargeait depuis un serveur un gros fichier, via le PA2, tandis que les autres portables étaient fermés. Le niveau moyen pour la bande de 2 400 à 2 483,5 MHz était de 0,007 % des limites du CS6.

8b) Niveaux d'exposition aux RF de 5 150 à 5 350 MHz, avec l'antenne triaxiale placée à 20 cm du PA1

L'antenne triaxiale a été placée à 20 cm¹⁷ du PA1, pour une durée totale de balayage d'environ 70 secondes, quand le PA1 émettait en mode continu. Le niveau maximal d'exposition aux RF enregistré pendant cette durée était de 10,59 % des limites du CS6.

9b) Niveaux d'exposition aux RF de 2 400 à 2 483,5 MHz, avec l'antenne triaxiale placée à 20 cm du PA2

L'antenne triaxiale était placée à 20 cm au-dessus du PA2 (ce point d'accès comportait des antennes incorporées), pour une durée totale de balayage d'environ 70 secondes. Tous les portables étaient en mode de téléchargement aval. En raison des petites dimensions des antennes incorporées de ce point d'accès, la distance de 20 cm se trouvait bien dans la zone de champ lointain de chacune d'elles (voir Annexe B). Le niveau maximal d'exposition aux RF enregistré pendant cette durée était de 7,73 % des limites du CS6.

¹⁷ À 20 cm, l'antenne triaxiale était placée dans le champ proche, car l'antenne du PA1 est considérée comme une antenne électriquement grande ($D = 17$ cm). Les mesures des champs E et H seraient requises à 20 cm. Toutefois, le champ H n'a pas été mesuré pendant cette étude.

4.0 Discussion

4.1 Application de l'incertitude associée aux instruments de mesure, pour la détermination des moyennes spatiales et temporelles

Le document LD-01 d'Industrie Canada indique que l'incertitude des instruments de mesure doit être prise en compte quand on détermine la conformité aux limites du CS6. Le tableau 6 représente les niveaux mesurés d'exposition aux RF au point P5 dans le scénario d'essai 3b, avec ses valeurs spatiales et temporelles moyennes, lorsque tous les dispositifs Wi-Fi étaient actifs, ainsi que les valeurs prévues minimales et maximales¹⁸, basées sur un niveau de confiance de 95 % (voir l'Annexe C pour l'incertitude élargie du système de mesure, lequel était composé de l'appareil Narda SRM 3006 et de ses antennes connexes).

Tableau 6 – Pourcentage des limites du CS6, y compris l'incertitude des instruments de mesure pour la valeur moyenne spatiale et temporelle de l'exposition aux RF, au point P5

Valeur mesurée – Incertitude d'équipement de mesure (% limites CS6) ^a	Valeur mesurée en % des limites CS6	Valeur mesurée + incertitude d'équipement de mesure (% des limites CS6) ^a
0,037 %	0,099 %	0,194 %

^a Comprend l'incertitude de mesure élargie de l'équipement (Incertitude prévue).

4.2 Impact du protocole Wi-Fi sur l'exposition aux RF

Le tableau 7 présente un résumé de la contribution de la bande de 2 400 à 2 483,5 MHz lorsque les dispositifs Wi-Fi fonctionnent dans différentes configurations de téléchargement amont et/ou aval. Le niveau le plus élevé d'exposition aux RF obtenu entre les quatre configurations différentes était de 0,007 % des limites du CS6, dans le scénario d'essai d'un seul portable en mode de téléchargement aval.

¹⁸ Les valeurs d'incertitude de mesure élargie les plus élevées de + 2,9 /-4,3 dB ont été ajoutées à la valeur mesurée d'exposition aux RF.

Tableau 7 – Pourcentage des limites du CS6 (environnement non contrôlé) pour la bande de 2 400 à 2 483,5 MHz, entre les points P7 et P8 (figure 4), avec l'antenne triaxiale à une hauteur de 1,25 mètre, pour différentes configurations

Point ^a	Fréquence inférieure [MHz]	Fréquence supérieure [MHz]	Configuration ^b	Moyenne (% CS6)
50 cm de P7	2 400	2 483,5	8 portables en téléchargement amont	0,006
	2 400	2 483,5	8 portables en téléchargement amont + 16 portables en téléchargement aval	0,005
	2 400	2 483,5	1 portable en téléchargement amont	0,004
	2 400	2 483,5	1 portable en téléchargement aval	0,007

^a Voir la figure 4 pour l'emplacement des mesures

^b Toutes les configurations étaient statistiquement différentes (au niveau de confiance de 95 %), sauf la configuration avec huit portables en téléchargement amont, par rapport à la configuration avec un portable en téléchargement aval.

Quand de nombreux dispositifs téléchargent simultanément dans les deux sens, le mécanisme d'évitement des collisions (CA – *collision avoidance*) est utilisé pour améliorer le rendement de l'accès multiple avec écoute de porteuse (CSMA – *carrier sense multiple access*). Le nœud doit d'abord « écouter » pour déterminer si le canal est libre, avant de transmettre un paquet, afin d'assurer qu'il n'y ait pas de collision. Lorsque la pleine largeur de bande (p. ex., 20 MHz) d'un nœud est allouée à un dispositif client comme un portable, le nœud pourra transmettre plus souvent sans devoir reporter la transmission parce que le canal est occupé. Toutefois, lorsque la largeur de bande doit être divisée en nombreux canaux de même largeur parce que de nombreux dispositifs clients sont connectés à un nœud, celui-ci sera tenu d'écouter souvent avant qu'un paquet puisse être transmis, afin d'éviter les collisions. Comme l'émission est reportée quand un canal est détecté comme étant occupé, le niveau d'exposition aux RF diminue.

La configuration avec un portable qui télécharge en amont produira un niveau d'exposition inférieur à la configuration avec un portable téléchargeant en aval, car le module Wi-Fi, dans les dispositifs Wi-Fi, a habituellement une puissance plus faible par rapport aux points d'accès Wi-Fi.

5.0 Conclusion

Dans cette étude, les résultats mesurés ont été exprimés en pourcentage des limites du CS6 (voir la section 3.0).

Lorsque les points d'accès Wi-Fi et les dispositifs Wi-Fi étaient en fonctionnement, les niveaux d'exposition aux RF étaient plus élevés lorsque l'antenne triaxiale était rapprochée des points d'accès Wi-Fi (points P5 et P8). Pour le point P8, situé près du PA1, le niveau moyen le plus élevé d'exposition aux RF, mesuré, était de 0,232 % des limites du CS6, pour une durée de mesure d'environ une minute (voir le scénario d'essai 1b dans la section 3.2). La plus importante contribution était due à la bande de 5 150 à 5 350 MHz, pour une valeur de 0,229 %. Pour le point P5, situé près du PA2, le niveau moyen maximal d'exposition aux RF, mesuré, était de 0,234 % des limites du CS6, pour la même durée de mesure, soit environ une minute : voir le scénario d'essai 2b dans la section 3.2). La plus importante contribution était due au PA2 dans la bande de 2 400 à 2 483,5 MHz, avec une valeur de 0,221 %.

Conformément aux procédures énoncées dans les documents LD-01 et NT-329 d'Industrie Canada, les moyennes spatiales et temporelles ont été mesurées au point P5, près du PA2, c'est-à-dire le point qui présentait la plus grande intensité de champ mesurée (voir le scénario d'essai 3b dans la section 3.2). La valeur obtenue était de 0,099 % des limites du CS6. En ajoutant l'incertitude des instruments de mesure, le niveau mesuré d'exposition aux RF peut être de 0,19 % des limites du CS6 (515 fois sous la limite).

Lorsque l'antenne triaxiale était placée à 20 cm¹⁹ des points d'accès Wi-Fi, les niveaux maximaux d'exposition aux RF obtenus pour le PA1 et le PA2 étaient de 10,59 % et 7,73 % des limites du CS6, respectivement. Pour un scénario typique où une personne est située à plusieurs mètres d'un point d'accès et entourée d'autres usagers, le niveau d'exposition RF sera plusieurs milliers de fois sous les limites du CS6.

D'après les résultats de cette étude, l'exposition cumulée aux RF dues à plusieurs points d'accès Wi-Fi et dispositifs Wi-Fi dans cet emplacement intérieur était bien en deçà des limites du CS6.

De plus, les points d'accès Wi-Fi sélectionnés pour cette étude fonctionnaient à une puissance plus élevée que la grande majorité des dispositifs Wi-Fi actuellement disponibles sur le marché canadien. Par conséquent, les résultats obtenus par cette étude seront probablement plus élevés que ce que donneraient des configurations équivalentes dans des établissements publics et privés, tels que des résidences, des écoles et des commerces.

¹⁹ Une distance de 20 cm représente la distance habituelle à laquelle un fabricant évalue l'exposition aux RF d'après le CNR-102.

Annexe A – Normes Wi-Fi, attribution du spectre et émissions

Les normes courantes régissant le Wi-Fi sont résumées dans le tableau A.1.

Tableau A.1 – Normes pour les réseaux 802.11

Protocole 802.11	Date de publication	Fréquence (GHz)	Largeur de bande des canaux (MHz)	Numéro des canaux	Débit de données par flux (Mbit/s)	Flux MIMO admissibles	Modulation
-	juin 1997	2,4	20	1 – 14 (2,4 GHz)	1, 2	1	DSSS, FHSS
A	sept. 1999	3,7/5	20	131 – 138 (3,7 GHz) 34 – 165 (5 GHz)	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54	1	OFDM
B	sept. 1999	2,4	20	1 – 14 (2,4 GHz)	5,5, 11	1	DSSS
G	juin 2003	2,4	20	1 – 14 (2,4 GHz)	7,2, 14,4, 21,7, 28,9, 43,3, 57,8, 65, 72,2	1	OFDM, DSSS
N	oct. 2009	2,4/5	40	1 – 14 (2,4 GHz) 34 – 165 (5 GHz)	15, 30, 45, 60, 90, 120, 135, 150	4	OFDM

Abréviations: DSSS, *direct sequence spread spectrum* (modulation à spectre étalé à séquence directe); FHSS, *frequency hopping spread spectrum* (modulation à spectre étalé à sauts de fréquence); MIMO, *multiple input multiple output* (entrées multiples, sorties multiples); OFDM, *orthogonal frequency division multiplexing* (multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence).

L'émission spectrale et l'attribution des canaux pour les dispositifs Wi-Fi à 2,4 GHz sont illustrées aux figures A.1 et A.2, et dans le tableau A.2, tandis que l'émission spectrale et les attributions de canaux pour les dispositifs Wi-Fi à 5 GHz sont présentées à la figure A.3 et dans les tableaux A.3, A.4 et A.5.

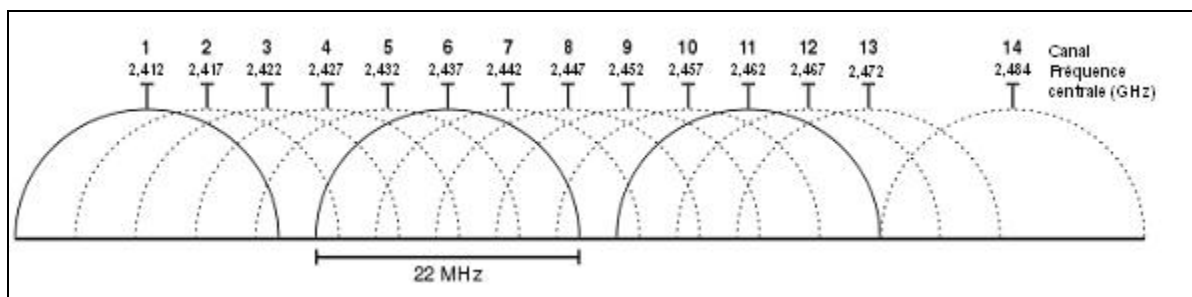


Figure A.1 – Émission spectrale à 2,4 GHz

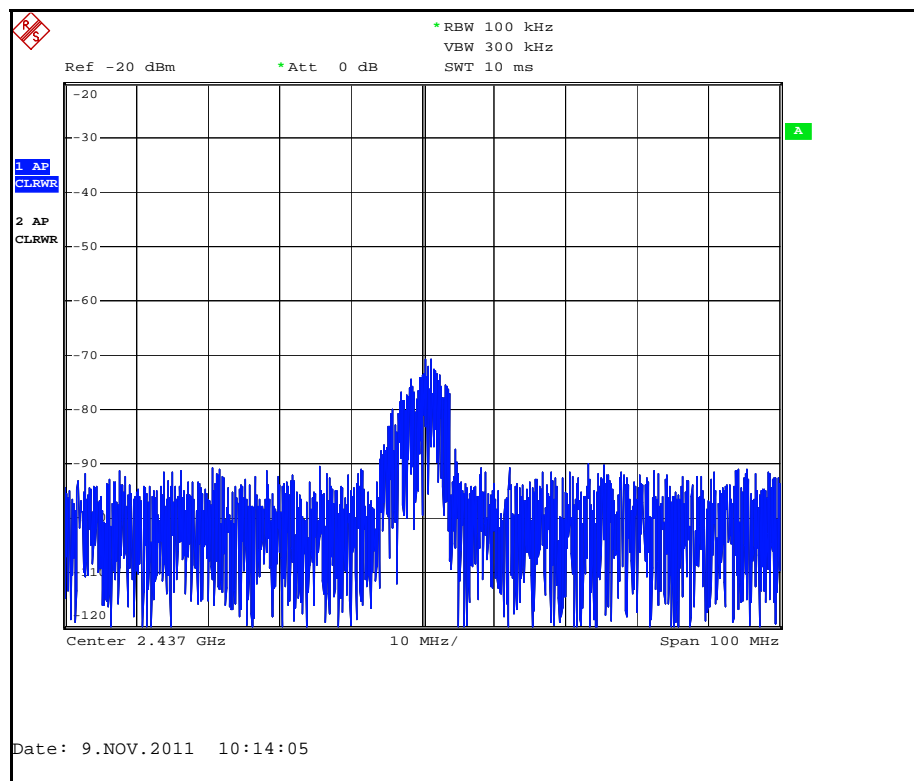


Figure A.2 – Émission spectrale du PA2

Tableau A.2 – Canaux Wi-Fi dans la bande 2 400-2 483,5 MHz (CNR-210 Annexe 8)

Canal	Fréquence (MHz)
1	2 412
2	2 417
3	2 422
4	2 427
5	2 432
6	2 437
7	2 442
8	2 447
9	2 452
10	2 457
11	2 462
12	2 467
13	2 472
14	2 484

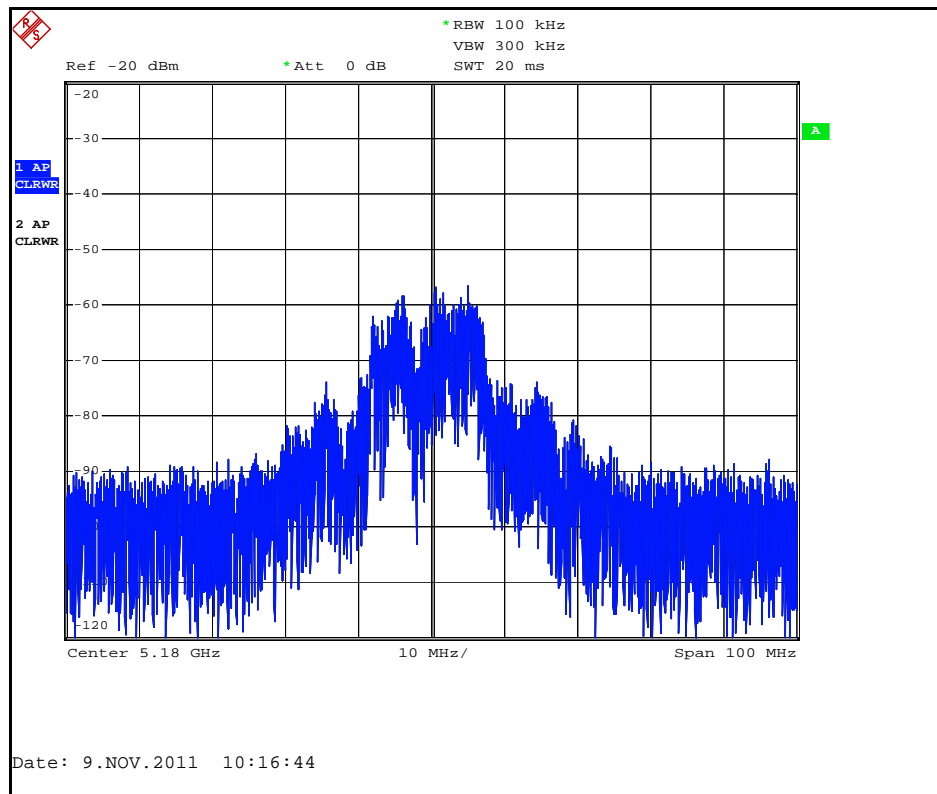


Figure A.3 – Émission spectrale du PA1

Tableau A.3 – Canaux Wi-Fi dans la bande 5 150-5 350 MHz (CNR-210 Annexe 9)

Canal	Fréquence (MHz)
34	5 170
36	5 180
38	5 190
40	5 200
42	5 210
44	5 220
46	5 230
48	5 240
52	5 260
56	5 280
60	5 300
64	5 320

Tableau A.4 – Canaux Wi-Fi dans la bande 5 470-5 825 MHz (CNR-210 Annexe 9)

Canal	Fréquence (MHz)
100	5 500
104	5 520
108	5 540
112	5 560
116	5 580
120	5 600
124	5 620
128	5 640
132	5 660
136	5 680
140	5 700
149	5 745
153	5 765
157	5 785
161	5 805
165	5 825

Tableau A.5 – Canaux Wi-Fi dans la bande 5 725-5 875 MHz (CNR-210 Annexe 8)

Canal	Fréquence (MHz)
149	5 745
153	5 765
157	5 785
161	5 805
165	5 825

Annexe B – Zones de champ proche et de champ lointain

Une antenne dont la plus grande dimension n'est pas supérieure à sa longueur d'onde de fonctionnement est appelée antenne électriquement petite²⁰. Le champ proche réactif de ces antennes s'étend jusqu'à la distance donnée par l'équation suivante :

$$R_{\text{mf}} = \frac{\lambda}{2\pi}$$

où :

R_{mf} est le champ proche réactif,

λ est la longueur d'onde correspondant à la fréquence de fonctionnement

$$R_{\text{mf}} @ 2,437 \text{ GHz} = 0,123 / 2 \pi = 0,020 \text{ m (ou 2 cm)}$$

$$R_{\text{mf}} @ 5,18 \text{ GHz} = 0,058 / 2 \pi = 0,009 \text{ m (ou 0,9 cm)}$$

Une antenne dont la plus grande dimension est supérieure à la longueur d'onde correspondant à sa fréquence de fonctionnement est appelée antenne électriquement grande²¹. La région de champ lointain pour ce type d'antenne s'étend à $2D^2/\lambda$ jusqu'à l'infini, où D est la plus grande dimension de l'antenne. Toutefois, le CS6 recommande que l'on utilise plutôt la valeur $0,5 D^2/\lambda$ jusqu'à l'infini, parce que cette définition considère la région de transition et la région de champ lointain comme étant la même.

$$R_{\text{ff}} = \frac{0,5 D^2}{\lambda}$$

où :

R_{ff} est la distance entre l'antenne et la limite du champ proche/champ lointain en mètres

λ est la longueur d'onde correspondant à la fréquence de fonctionnement

D est la dimension électrique en mètres

Toutes les mesures ont été réalisées dans la zone de champ lointain pour PA1 et PA2, sauf pour les mesures à 20 cm de PA1.

²⁰ Le PA2 était considéré comme une antenne électriquement petite.

²¹ Le PA1 était considéré comme une antenne électriquement grande.

Annexe C – Incertitude due aux instruments de mesure

Les tableaux C.1 et C.2 indiquent l'incertitude élargie du système de mesure (composé de l'appareil Narda SRM 3006 et de ses antennes de mesure du champ électrique), pour la bande de fréquences utilisable, à un niveau de confiance de 95 %.

Tableau C.1 – Incertitude de mesure élargie pour l'antenne de champ E triaxiale 3501/02, de 75 MHz à 3 GHz (de concert avec l'unité de base SRM et le câble RF de 1,5 m)

Bande de fréquences	Axe unique	Mesure isotropique
75 – 900 MHz	+2,4 / -3,4 dB	+2,4 / -3,3 dB
> 900 – 1 400 MHz	+2,3 / -3,1 dB	+2,4 / -3,3 dB
> 1 400 – 1 600 MHz	+2,2 / -3,1 dB	+2,6 / -3,7 dB
> 1 600 – 1 800 MHz	+1,8 / -2,2 dB	+2,2 / -3,0 dB
> 1 800 – 2 200 MHz	+1,8 / -2,2 dB	+2,4 / -3,3 dB
> 2 200 – 2 700 MHz	+1,8 / -2,3 dB	+2,6 / -3,6 dB
> 2 700 – 3 000 MHz	+1,9 / -2,4 dB	+3,2 / -5,3 dB

Tableau C.2 – Incertitude de mesure élargie pour l'antenne de champ E triaxiale 3502/01, de 420 MHz à 6 GHz (de concert avec l'unité de base SRM et le câble RF de 1,5 m)

Bande de fréquences	Axe unique	Mesure isotropique
420 – 750 MHz	+2,1 / -2,9 dB	+2,6 / -3,8 dB
> 750 – 1 600 MHz	+2,0 / -2,7 dB	+2,2 / -2,9 dB
> 1 600 – 2 000 MHz	+1,7 / -2,2 dB	+1,9 / -2,4 dB
> 2 000 – 4 000 MHz	+1,7 / -2,2 dB	+2,0 / -2,6 dB
> 4 000 – 4 500 MHz	+1,8 / -2,3 dB	+2,2 / -3,0 dB
> 4 500 – 5 000 MHz	+1,9 / -2,5 dB	+2,2 / -3,0 dB
> 5 000 – 5 000 MHz	+1,9 / -2,5 dB	+2,5 / -3,5 dB
> 5 000 – 6 000 MHz	+1,9 / -2,5 dB	+2,9 / -4,3 dB

Annexe D – Limites du Code de sécurité 6 de Santé Canada pour les environnements non contrôlés

Industrie Canada a adopté les lignes directrices de Santé Canada en matière d'exposition aux RF, ainsi que son Code de sécurité 6, dans sa réglementation visant à protéger le grand public. Les limites du CS6 figurent au tableau D.1.

Tableau D.1 – Limites du Code de sécurité 6 pour les environnements non contrôlés

Fréquence (MHz)	Intensité du champ électrique; valeur efficace (V/m)	Intensité du champ magnétique; valeur efficace (A/m)	Densité de puissance (W/m ²)	Temps d'intégration (min)
0,003 – 1	280	2,19		6
1 – 10	280/f	2,19/f		6
10 – 30	28	2,19/f		6
30 – 300	28	0,073	2 ^a	6
300 – 1 500	1,585f ^{0,5}	0,0042 f ^{0,5}	f/150	6
1 500 – 15 000	61,4	0,163	10	6
15 000 – 150 000	61,4	0,163	10	616 000 /f ^{1,2}
150 000 – 300 000	0,158f ^{0,5}	4,21x10 ⁻⁴ f ^{0,5}	6,67x10 ⁻⁵ f	616 000/f ^{1,2}

^a La limite de densité de puissance s'applique aux fréquences supérieures à 100 MHz

Annexe E – Résultats détaillés des mesures

L'Annexe E présente les résultats détaillés de chaque scénario d'essai, utilisé dans cette étude. La valeur maximale représente la valeur instantanée maximale mesurée pendant la période de mesure, tandis que la valeur minimale représente la valeur instantanée minimale mesurée pendant la période de mesure. La valeur moyenne représente la valeur moyenne mesurée pendant la période de mesure.

1a) Niveaux ambiants entre 50 MHz et 6 GHz à chaque point de mesure avec l'antenne triaxiale placée à une hauteur de 1,75 mètre

Tableau E.1 – Pourcentage des limites du CS6 (environnement non contrôlé) à une hauteur de 1,75 mètre dans la plage de 50 MHz à 6 GHz

Point ^a	Valeur moyenne (% limites CS6)	Valeur maximale (% limites CS6)	Valeur minimale (% limites CS6)
P1	0,002527	0,005386	0,002057
P2	0,002498	0,003360	0,002083
P3	0,002545	0,003978	0,002098
P4	0,002589	0,005431	0,002129
P5	0,002632	0,006384	0,002149
P6	0,002846	0,013032	0,002159
P7	0,002640	0,004001	0,002185
P8	0,002691	0,004851	0,002197
P9	0,002674	0,004687	0,002243
P10	0,002717	0,004865	0,002269
P11	0,002741	0,006172	0,002241
P12	0,002754	0,007066	0,002250

^a Voir la figure 4 pour les points.

2a) Niveaux ambiants entre 50 MHz et 6 GHz en un point de mesure avec l'antenne triaxiale placée à une hauteur de 1,25 mètre

Tableau E.2 – Pourcentage des limites du CS6 (environnement non contrôlé) à une hauteur de 1,25 mètre dans la plage de 50 MHz à 6 GHz

Point	Valeur moyenne (% limites CS6)	Valeur maximale (% limites CS6)	Valeur minimale (% limites CS6)
P11	0,002855	0,011449	0,002276

Les tableaux E.3 et E.4 indiquent le pourcentage mesuré des limites du CS6 pour chaque service spécifique fonctionnant dans la plage de fréquences de 50 MHz à 6 GHz au point P11.

Tableau E.3 – Pourcentage des limites du CS6 (environnement non contrôlé) pour chaque service dans la bande de fréquences de 50 MHz à 3 GHz (environnement ambiant)

Fréquence inférieure [MHz]	Fréquence supérieure [MHz]	Nom du service	Valeur moyenne (% limites CS6)	Valeur maximale (% limites CS6)	Valeur minimale (% limites CS6)
50	54	T/M mixte	0,000035	0,000077	0,000015
54	72	TV canaux 2-4	0,000098	0,000134	0,000069
72	76	T/M mixte	0,000017	0,000032	0,000006
76	88	TV canaux 5-6	0,000041	0,000057	0,000027
88	108	Radio FM	0,000050	0,000070	0,000032
108	136	Aéronautique	0,000050	0,000070	0,000036
136	174	Terr. mobile	0,000056	0,000073	0,000040
174	216	TV canaux 7-13	0,000046	0,000059	0,000040
216	300	T/M mixte	0,000062	0,000079	0,000052
300	406	T/M mixte	0,000050	0,000058	0,000043
406	470	Terr. mobile	0,000021	0,000025	0,000018
470	608	TV canaux 14-36	0,000024	0,000028	0,000022
608	614	Radioastronomie	0,000001	0,000001	0,000000
614	806	TV canaux 38-69	0,000026	0,000028	0,000023
806	824	Partage / Téléappel.	0,000002	0,000003	0,000002
824	849	TX mob. cell.	0,000003	0,000005	0,000002
849	869	Partage / Téléappel.	0,000003	0,000004	0,000002
869	894	TX base cell.	0,000003	0,000004	0,000002
894	960	Partage / Téléappel. / fixe	0,000007	0,000009	0,000006
960	1 300	Radar circ. aérienne	0,000036	0,000039	0,000033
1 300	1 452	MoSAT / SRS	0,000010	0,000011	0,000008
1 452	1 492	RAN	0,000002	0,000003	0,000002
1 492	1 500	MoSAT / SRS	0,000001	0,000001	0,000000
1 500	1 518	MoSAT / SRS	0,000001	0,000002	0,000001
1 518	1 670	MoSAT/fixe	0,000011	0,000013	0,000010
1 670	1 675	Fixe / mobile	0,000000	0,000001	0,000000
1 675	1 710	Météo / fixe	0,000003	0,000003	0,000002
1 710	1 755	SSFE TX inf. (A-F)	0,000004	0,000005	0,000003
1 755	1 850	SMS/ fixe	0,000009	0,000010	0,000007
1 850	1 910	SCP TX inf.	0,000007	0,000008	0,000006
1 910	1 915	SSFE TX inf. (G)	0,000000	0,000001	0,000000
1 915	1 930	Exempt de licence	0,000002	0,000003	0,000001
1 930	1 990	SCP TX sup.	0,000010	0,000012	0,000008
1 990	1 995	SSFE TX sup. (G)	0,000001	0,000001	0,000000
1 995	2 110	SMS/ D-FIX	0,000018	0,000020	0,000015
2 110	2 155	SSFE TX sup. ((A-F)	0,000009	0,000011	0,000006
2 155	2 305	Fixe / mobile	0,000036	0,000041	0,000032
2 305	2 320	STSF	0,000004	0,000007	0,000003
2 320	2 345	S-DARS	0,000008	0,000011	0,000005
2 345	2 360	STSF	0,000005	0,000007	0,000004
2 360	2 400	SMAT	0,000013	0,000017	0,000010
2 400	2 483,5	EXEMPT DE LICENCE	0,000199	0,008268	0,000026
2 483,5	2 500	MoSAT	0,000006	0,000009	0,000004

Étude de cas : Mesures de l'exposition aux radiofréquences dues aux dispositifs Wi-Fi

2 500	2 596	STM	0,000036	0,000041	0,000032
2 596	2 686	SMID	0,000034	0,000039	0,000029
2 686	2 690	SMID / SMID (Rtr)	0,000002	0,000003	0,000001
2 692	3 000	Aéronautique	0,000198	0,000211	0,000178
		Total (%) :	0,001225	0,009574	0,000830

Remarque : Les entrées en **gras** représentent les bandes Wi-Fi en utilisation au Canada

Tableau E.4 – Pourcentage des limites du CS6 (environnement non contrôlé) pour chaque service dans la bande de fréquences de 3 GHz à 6 GHz (environnement ambiant)

Fréquence inférieure [MHz]	Fréquence supérieure [MHz]	Nom du service	Valeur moyenne (% limites CS6)	Valeur maximale (% limites CS6)	Valeur minimale (% limites CS6)
3 000	3 100	Radionavigation	0,000006	0,000007	0,000005
3 100	3 300	Radar / SAT	0,000011	0,000012	0,000010
3 300	3 400	Radar / Amateur	0,000007	0,000008	0,000006
3 400	3 475	AFSF (A-C)	0,000006	0,000008	0,000005
3 475	3 500	AFSF (D)	0,000003	0,000003	0,000002
3 500	3 525	AFSF(E) / bande C	0,000003	0,000003	0,000002
3 525	3 550	AFSF(F) / bande C	0,000003	0,000004	0,000002
3 550	3 575	AFSF(G) / bande C	0,000003	0,000004	0,000002
3 575	3 600	AFSF(H) / bande C	0,000003	0,000004	0,000002
3 600	3 625	AFSF(J) / bande C	0,000003	0,000004	0,000002
3 625	3 650	AFSF(K) / bande C	0,000003	0,000005	0,000002
3 650	3 700	WBS / bande C	0,000007	0,000009	0,000005
3 700	4 200	SAT. BANDE C	0,000075	0,000079	0,000070
4 200	4 400	Aéronautique	0,000049	0,000054	0,000045
4 400	5 000	Fixe	0,000308	0,000328	0,000285
5 000	5 150	Aéronautique	0,000090	0,000099	0,000077
5 150	5 250	ISM / Exempt de licence	0,000060	0,000073	0,000053
5 250	5 350	Radar / Exempt de licence	0,000068	0,000077	0,000059
5 350	5 460	ARNS	0,000095	0,000110	0,000084
5 460	5 470	Radar	0,000009	0,000015	0,000005
5 470	5 650	Radar maritime	0,000193	0,000219	0,000176
5 650	5 725	Amateur	0,000101	0,000134	0,000082
5 725	5 825	Exempt de licence	0,000152	0,000173	0,000133
5 825	5 925	Fixe	0,000180	0,000221	0,000162
5 925	6 000	SAT. bande C	0,000155	0,000182	0,000136
		Total (%) :	0,001594	0,001836	0,001413

Remarque : Les entrées en **gras** représentent les bandes Wi-Fi en utilisation au Canada

Les figures E.1 et E.2 représentent les signaux dans l'environnement ambiant, lorsque tous les dispositifs sans fil ne fonctionnaient pas dans la salle de conférence au point P11. Dans la figure E.1, l'appareil Narda SRM 3006 pouvait capter les signaux des dispositifs exempts de licence, comme les points d'accès Wi-Fi dans la bande de 2,4 GHz, qui étaient installés dans cette zone. En outre, les services cellulaires dans les bandes de 800 et 1 900 MHz étaient dominants et captés par l'appareil.

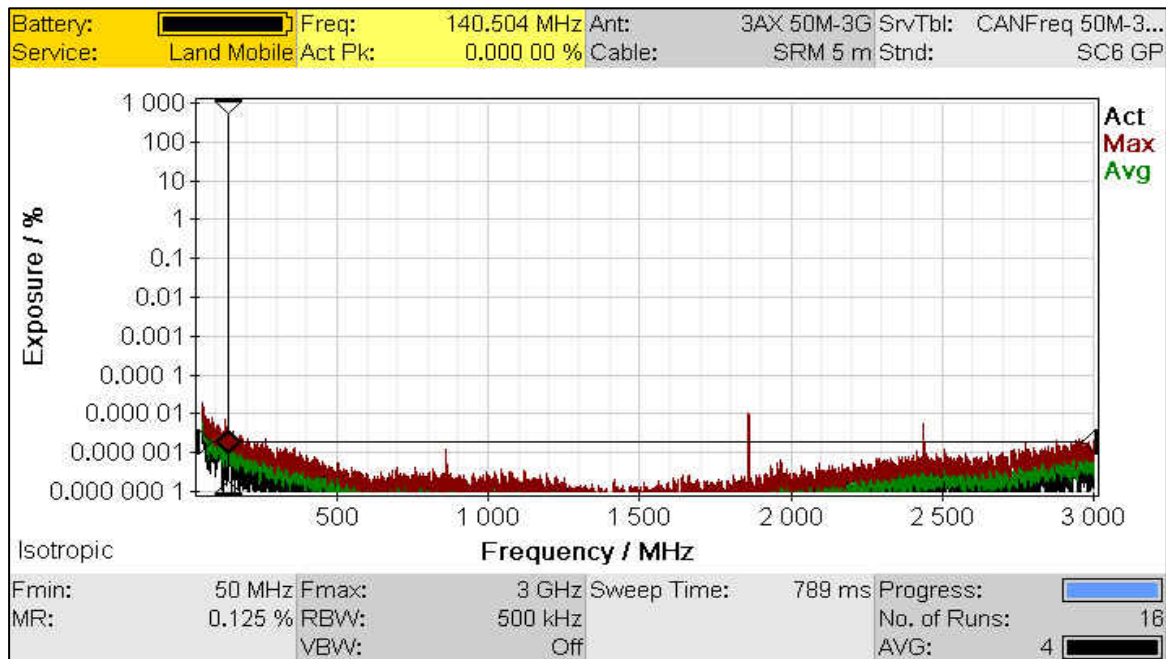


Figure E.1 – Signaux dans l’environnement RF ambiant, pour la bande de fréquences de 50 MHz à 3 GHz

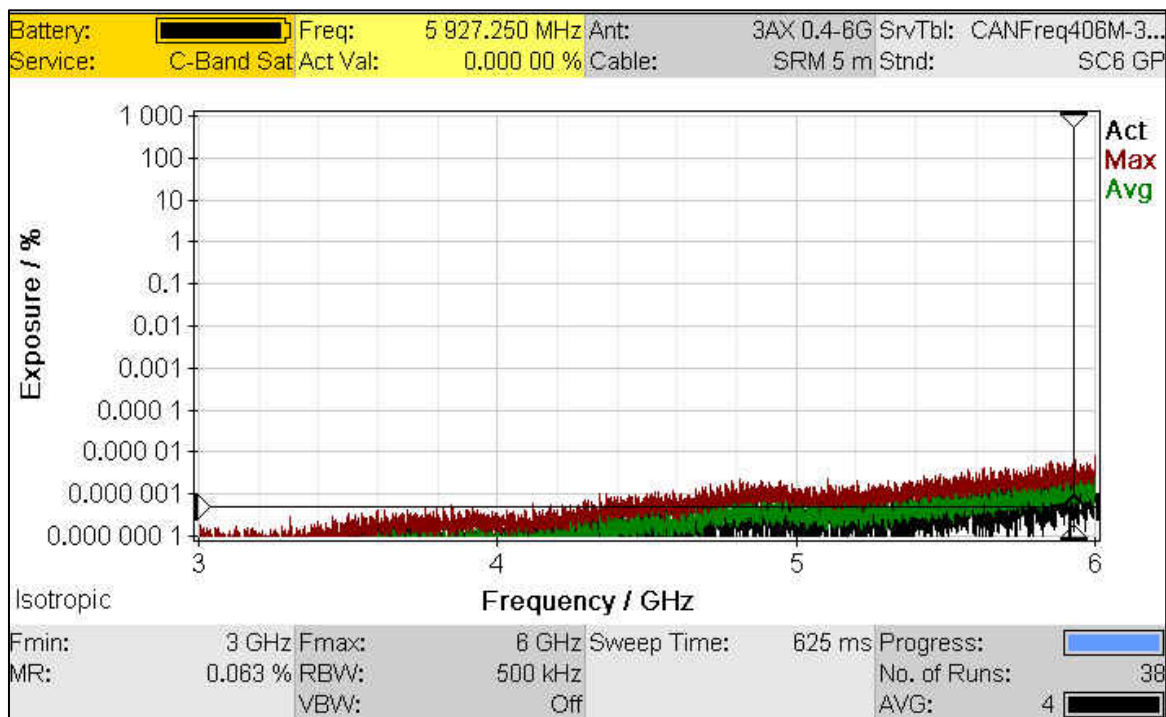


Figure E.2 – Signaux dans l’environnement RF ambiant, pour la bande de fréquences de 3 à 6 GHz

- 3a) Niveaux ambiants de 50 MHz à 6 GHz en un point de mesure avec l'antenne triaxiale placée à une hauteur de 1,25 mètre pour un temps de balayage de 6 minutes

Tableau E.5 – Pourcentage des limites du CS6 (environnement non contrôlé) à une hauteur de 1,25 mètre de 50 MHz à 6 GHz, pour une valeur intégrée sur 6 minutes

Point	Valeur moyenne (% limites CS6)	Valeur maximale (% limites CS6)	Valeur minimale (% limites CS6)
P11	0,002735	0,013794	0,002232

- 4a) Niveaux ambiants de 50 MHz à 6 GHz en un point de mesure, selon une matrice à 9 points représentant la coupe transversale d'un corps humain.

Tableau E.6 – Pourcentage des limites du CS6 (environnement non contrôlé) pour chaque point de la matrice à 9 points, pour la mesure de la moyenne spatiale de l'intensité du champ RF ambiant, de 50 MHz à 6 GHz – point P11

	Largeur totale (0,35 m)		
Hauteur (0,5 m à 1,75 m)	0.00285%	0.00275%	0.00269%
	0.00282%	0.00272%	0.00274%
	0.00277%	0.00268%	0.00293%

Moyenne spatiale pour la matrice à neuf points, % des limites du CS6 : 0,00277 %

- 1b) Niveaux d'exposition aux RF de 2,4 à 5,825 GHz à chaque point de mesure présélectionné, avec l'antenne triaxiale placée à une hauteur de 1,75 mètre.

Le tableau E.7 indique le pourcentage mesuré des limites du CS6 lorsque les deux points d'accès Wi-Fi fonctionnaient et que tous les dispositifs Wi-Fi étaient en mode de téléchargement aval. Les pourcentages (des limites du CS6) ont été mesurés dans les bandes Wi-Fi de 2 400 MHz à 2 483,5 MHz, de 5 150 MHz à 5 350 MHz et de 5 470 à 5 825 MHz. La mention « Autre » représente la contribution des autres services fonctionnant dans les bandes de fréquences de 2 483,5 MHz à 5 150 MHz, et de 5 350 MHz à 5 470 MHz.

Tableau E.7 – Pourcentage des limites du CS6 (environnement non contrôlé) pour les bandes Wi-Fi à chaque point (figure 4), avec l'antenne triaxiale à une hauteur de 1,75 mètre

Point ^a	Fréquence inférieure [MHz]	Fréquence supérieure [MHz]	Nom du service	Valeur moyenne (% limites CS6)	Valeur maximale (% limites CS6)	Valeur minimale (% limites CS6)
P1	2 400	2 483,5	Wi-Fi 2,4 GHz	0,004735	0,007653	0,000036
	5 150	5 350	Wi-Fi 5 GHz FP*	0,044205	0,072308	0,032271
	5 470	5 825	Wi-Fi 5 GHz FP	0,001070	0,001078	0,001118
	Total partiel (Wi-Fi)			0,050010	0,081040	0,033749
			Autre	0,001759	0,001724	0,001810
Total			0,051769	0,082764	0,035559	
P2	2 400	2 483,5	Wi-Fi 2,4 GHz	0,008658	0,061424	0,002647
	5 150	5 350	Wi-Fi 5 GHz FP	0,043953	0,0362364	0,032649
	5 470	5 825	Wi-Fi 5 GHz FP	0,001084	0,001037	0,001070
	Total partiel (Wi-Fi)			0,053695	0,098697	0,036366
			Autre	0,001767	0,001763	0,001725
Total			0,055462	0,100460	0,038091	
P3	2 400	2 483,5	Wi-Fi 2,4 GHz	0,007164	0,015010	0,000368
	5 150	5 350	Wi-Fi 5 GHz FP	0,018175	0,027389	0,015431
	5 470	5 825	Wi-Fi 5 GHz FP	0,001079	0,001096	0,001130
	Total partiel (Wi-Fi)			0,026419	0,043495	0,016929
			Autre	0,001775	0,001749	0,001776
Total			0,028194	0,045244	0,018705	
P4	2 400	2 483,5	Wi-Fi 2,4 GHz	0,028911	0,153082	0,000016
	5 150	5 350	Wi-Fi 5 GHz FP	0,007905	0,006924	0,006152
	5 470	5 825	Wi-Fi 5 GHz FP	0,001096	0,001130	0,001121
	Total partiel (Wi-Fi)			0,037912	0,161136	0,000729
			Autre	0,001779	0,001787	0,001724
Total			0,039691	0,162923	0,009014	
P5	2 400	2 483,5	Wi-Fi 2,4 GHz	0,102474	0,403164	0,002500
	5 150	5 350	Wi-Fi 5 GHz FP	0,014984	0,012339	0,012737
	5 470	5 825	Wi-Fi 5 GHz FP	0,001102	0,001087	0,001073
	Total partiel (Wi-Fi)			0,118560	0,416590	0,016310
			Autre	0,001796	0,001792	0,001760
Total			0,120356	0,418382	0,018070	
P6	2 400	2 483,5	Wi-Fi 2,4 GHz	0,017882	0,065530	0,006459
	5 150	5 350	Wi-Fi 5 GHz FP	0,034485	0,029514	0,026282
	5 470	5 825	Wi-Fi 5 GHz FP	0,001103	0,001141	0,001075
	Total partiel (Wi-Fi)			0,05347	0,096185	0,033816
			Autre	0,001801	0,001783	0,001712
Total			0,055271	0,097968	0,035528	
P7	2 400	2 483,5	Wi-Fi 2,4 GHz	0,009528	0,063536	0,005327
	5 150	5 350	Wi-Fi 5 GHz FP	0,026598	0,025371	0,016514
	5 470	5 825	Wi-Fi 5 GHz FP	0,001100	0,001053	0,001059
	Total partiel (Wi-Fi)			0,037227	0,089960	0,022900
			Autre	0,001 800	0,001826	0,001847
Total			0,039027	0,091786	0,024747	
P8	2 400	2 483,5	Wi-Fi 2,4 GHz	0,001924	0,003287	0,000313
	5 150	5 350	Wi-Fi 5 GHz FP	0,228547	0,291060	0,156598
	5 470	5 825	Wi-Fi 5 GHz FP	0,001399	0,001424	0,001430

	Total partiel (Wi-Fi)			0,231870	0,295771	0,158341
			Autre	0,002299	0,002359	0,002274
	Total			0,234169	0,298130	0,160615
P9	2 400	2 483,5	Wi-Fi 2,4 GHz	0,001850	0,000543	0,003111
	5 150	5 350	Wi-Fi 5 GHz FP	0,140841	0,195879	0,104190
	5 470	5 825	Wi-Fi 5 GHz FP	0,001409	0,001503	0,001454
	Total partiel (Wi-Fi)			0,144100	0,197925	0,108755
			Autre	0,002290	0,002296	0,002262
	Total			0,146390	0,200221	0,111017
P10	2 400	2 483,5	Wi-Fi 2,4 GHz	0,008325	0,035362	0,000014
	5 150	5 350	Wi-Fi 5 GHz FP	0,028610	0,032092	0,020040
	5 470	5 825	Wi-Fi 5 GHz FP	0,001397	0,001381	0,001463
	Total partiel (Wi-Fi)			0,038333	0,068835	0,021517
			Autre	0,002308	0,002305	0,002279
	Total			0,040641	0,071140	0,023796
P11	2 400	2 483,5	Wi-Fi 2,4 GHz	0,033791	0,105839	0,000051
	5 150	5 350	Wi-Fi 5 GHz FP	0,018507	0,017489	0,013263
	5 470	5 825	Wi-Fi 5 GHz FP	0,001418	0,001392	0,001401
	Total partiel (Wi-Fi)			0,053716	0,124720	0,014715
			Autre	0,002302	0,002286	0,002316
	Total			0,056018	0,12 7006	0,017031
P12	2 400	2 483,5	Wi-Fi 2,4 GHz	0,046572	0,186518	0,000825
	5 150	5 350	Wi-Fi 5 GHz FP	0,016836	0,017990	0,013761
	5 470	5 825	Wi-Fi 5 GHz FP	0,001421	0,001408	0,001386
	Total partiel (Wi-Fi)			0,064829	0,205916	0,015972
			Autre	0,002311	0,002253	0,002317
	Total			0,067140	0,208169	0,018289

^a Voir la figure 4 pour l'emplacement des mesures

2b) Niveaux d'exposition aux RF entre 2,4 GHz et 5,825 GHz à chaque point de mesure présélectionné avec l'antenne triaxiale placée à une hauteur de 1,25 mètre

Tableau E.8 – Pourcentage des limites du CS6 (environnement non contrôlé) pour les bandes Wi-Fi à chaque point (figure 4) avec l'antenne triaxiale à une hauteur de 1,25 mètre

Point	Fréquence inférieure [MHz]	Fréquence supérieure [MHz]	Nom du service	Valeur moyenne (% limites CS6)	Valeur maximale (% limites CS6)	Valeur minimale (% limites CS6)
P1	2 400	2 483,5	Wi-Fi 2,4 GHz	0,003580	0,034979	0,000624
	5 150	5 350	Wi-Fi 5 GHz FP	0,065602	0,072193	0,047365
	5 470	5 825	Wi-Fi 5 GHz FP	0,000721	0,000706	0,000696
	Total partiel (Wi-Fi)			0,069903	0,107878	0,048685
			Autre	0,001178	0,001196	0,00114
Total			0,071081	0,109074	0,049825	
P2	2 400	2 483,5	Wi-Fi 2,4 GHz	0,003151	0,006556	0,003967
	5 150	5 350	Wi-Fi 5 GHz FP	0,031888	0,041673	0,020565
	5 470	5 825	Wi-Fi 5 GHz FP	0,004294	0,004189	0,004254
	Total partiel (Wi-Fi)			0,039333	0,052418	0,028786
			Autre	0,006982	0,006899	0,006855
Total			0,046315	0,059317	0,035641	
P3	2 400	2 483,5	Wi-Fi 2,4 GHz	0,004380	0,012621	0,000123
	5 150	5 350	Wi-Fi 5 GHz FP	0,019723	0,024176	0,015182
	5 470	5 825	Wi-Fi 5 GHz FP	0,004267	0,004282	0,004252
	Total partiel (Wi-Fi)			0,028370	0,041079	0,019557
			Autre	0,006949	0,007020	0,006831
Total			0,035319	0,048099	0,026388	
P4	2 400	2 483,5	Wi-Fi 2,4 GHz	0,022426	0,073809	0,000678
	5 150	5 350	Wi-Fi 5 GHz FP	0,013593	0,016411	0,010180
	5 470	5 825	Wi-Fi 5 GHz FP	0,004272	0,004240	0,004136
	Total partiel (Wi-Fi)			0,040291	0,094460	0,014994
			Autre	0,006994	0,006972	0,006984
Total			0,047285	0,101432	0,021978	
P5	2 400	2 483,5	Wi-Fi 2,4 GHz	0,220791	0,926314	0,000063
	5 150	5 350	Wi-Fi 5 GHz FP	0,008580	0,009547	0,007806
	5 470	5 825	Wi-Fi 5 GHz FP	0,004244	0,004231	0,003970
	Total partiel (Wi-Fi)			0,233614	0,940092	0,011839
			Autre	0,006977	0,007067	0,007084
Total			0,240591	0,947159	0,018923	
P6	2 400	2 483,5	Wi-Fi 2,4 GHz	0,020515	0,081288	0,000368
	5 150	5 350	Wi-Fi 5 GHz FP	0,015473	0,016321	0,011955
	5 470	5 825	Wi-Fi 5 GHz FP	0,001438	0,001459	0,001493
	Total partiel (Wi-Fi)			0,037426	0,099068	0,013816
			Autre	0,002345	0,002320	0,002359
Total			0,039771	0,101388	0,016175	
P7	2 400	2 483,5	Wi-Fi 2,4 GHz	0,020169	0,060808	0,003015
	5 150	5 350	Wi-Fi 5 GHz FP	0,029016	0,036393	0,020209
	5 470	5 825	Wi-Fi 5 GHz FP	0,001428	0,001300	0,001385
	Total partiel (Wi-Fi)			0,050612	0,098501	0,024609
			Autre	0,002333	0,002290	0,002378

	Total			0,052945	0,100791	0,026987
P8	2 400	2 483,5	Wi-Fi 2,4 GHz	0,003571	0,008332	0,000302
	5 150	5 350	Wi-Fi 5 GHz FP	0,137439	0,216658	0,089318
	5 470	5 825	Wi-Fi 5 GHz FP	0,001422	0,001330	0,001387
	Total partiel (Wi-Fi)			0,142432	0,226320	0,091007
			Autre	0,002331	0,002385	0,002365
	Total			0,144763	0,228705	0,093372
P9	2 400	2 483,5	Wi-Fi 2,4 GHz	0,005426	0,018015	0,000891
	5 150	5 350	Wi-Fi 5 GHz FP	0,053570	0,060559	0,041570
	5 470	5 825	Wi-Fi 5 GHz FP	0,001413	0,001398	0,001310
	Total partiel (Wi-Fi)			0,060410	0,079882	0,043771
			Autre	0,002337	0,002354	0,002342
	Total			0,062747	0,082326	0,046113
P10	2 400	2 483,5	Wi-Fi 2,4 GHz	0,005442	0,013639	0,000066
	5 150	5 350	Wi-Fi 5 GHz FP	0,024338	0,037097	0,017275
	5 470	5 825	Wi-Fi 5 GHz FP	0,001408	0,001464	0,001384
	Total partiel (Wi-Fi)			0,031187	0,052 200	0,018725
			Autre	0,002326	0,002320	0,002326
	Total			0,033513	0,054520	0,021051
P11	2 400	2 483,5	Wi-Fi 2,4 GHz	0,011916	0,067794	0,000290
	5 150	5 350	Wi-Fi 5 GHz FP	0,019791	0,018873	0,016421
	5 470	5 825	Wi-Fi 5 GHz FP	0,001411	0,001354	0,001354
	Total partiel (Wi-Fi)			0,033118	0,088021	0,018065
			Autre	0,002321	0,002308	0,002287
	Total			0,035439	0,090329	0,020352
P12	2 400	2 483,5	Wi-Fi 2,4 GHz	0,047716	0,213234	0,000014
	5 150	5 350	Wi-Fi 5 GHz FP	0,015246	0,014393	0,010589
	5 470	5 825	Wi-Fi 5 GHz FP	0,001415	0,001385	0,001425
	Total partiel (Wi-Fi)			0,064605	0,229012	0,012028
			Autre	0,002315	0,002315	0,002271
	Total			0,066692	0,231327	0,014299

3b) Moyennes spatiales et temporelles des niveaux d'exposition aux RF de 2,4 à 5,825 GHz au point présentant les niveaux les plus élevés mesurés aux étapes 1b) et 2b)

Tableau E.9 – Valeurs moyennes spatiales/temporelles en pourcentage des limites du CS6 (environnement non contrôlé) de 2 400 à 5 825 MHz au point P5

	Largeur totale (0,35 m)		
Hauteur (0,5 m à 1,75 m)	Moyenne sur 6 minutes : 0.105392%	Moyenne sur 6 minutes : 0.133299%	Moyenne sur 6 minutes : 0.141245%
	Moyenne sur 6 minutes : 0.053149%	Moyenne sur 6 minutes : 0.154457%	Moyenne sur 6 minutes : 0.141279%
	Moyenne sur 6 minutes : 0.047408%	Moyenne sur 6 minutes : 0.056150%	Moyenne sur 6 minutes : 0.061859%

Moyennes temporelles et spatiales pour la matrice à neuf points, en % limites du CS6 :
0,099360 %

- 4b) Niveaux d'exposition aux RF pour huit portables reliés au PA2 en mode de téléchargement amont, en un point de mesure présélectionné, avec l'antenne triaxiale placée à une hauteur de 1,25 mètre

Tableau E.10 – Pourcentage des limites du CS6 (environnement non contrôlé) pour les bandes Wi-Fi, avec huit portables en mode de téléchargement amont

Point	Fréquence inférieure [MHz]	Fréquence supérieure [MHz]	Nom du service	Valeur moyenne (% limites CS6)	Valeur maximale (% limites CS6)	Valeur minimale (% limites CS6)
50 cm de P7	2 400	2 483,5	Wi-Fi 2,4 GHz	0,006360	0,031755	0,001070
	5 150	5 350	Wi-Fi 5 GHz FP	0,056737	0,057610	0,043178
	5 470	5 825	Wi-Fi 5 GHz FP	0,002684	0,002508	0,002765
	Total partiel (Wi-Fi)			0,065780	0,091873	0,047013
			Autre	0,004424	0,004413	0,004427
Total			0,070204	0,096286	0,051440	

- 5b) Niveaux d'exposition aux RF pour huit portables reliés au PA2 en mode de téléchargement amont, et 16 portables en mode de téléchargement aval, en un point de mesure présélectionné, avec l'antenne triaxiale placée à une hauteur de 1,25 mètre.

Tableau E.11 – Pourcentage des limites du CS6 (environnement non contrôlé) pour les bandes Wi-Fi, avec huit portables en mode de téléchargement amont et 16 portables en mode de téléchargement aval

Point	Fréquence inférieure [MHz]	Fréquence supérieure [MHz]	Nom du service	Valeur moyenne (% limites CS6)	Valeur maximale (% limites CS6)	Valeur minimale (% limites CS6)
50 cm de P7	2 400	2 483,5	Wi-Fi 2,4 GHz	0,004548	0,045900	0,003339
	5 150	5 350	Wi-Fi 5 GHz FP	0,051387	0,049386	0,032502
	5 470	5 825	Wi-Fi 5 GHz FP	0,000672	0,000676	0,000666
	Total partiel (Wi-Fi)			0,056607	0,095962	0,036507
			Autre	0,001104	0,001094	0,001113
Total			0,057711	0,097056	0,037620	

- 6b) Niveaux d'exposition aux RF pour un portable relié au PA2 en mode de téléchargement amont, en un point de mesure présélectionné, avec l'antenne triaxiale placée à une hauteur de 1,25 mètre

Tableau E.12 – Pourcentage des limites du CS6 (environnement non contrôlé) pour les bandes Wi-Fi, avec un portable en mode de téléchargement amont

Point	Fréquence inférieure [MHz]	Fréquence supérieure [MHz]	Nom du service	Valeur moyenne (% limites CS6)	Valeur maximale (% limites CS6)	Valeur minimale (% limites CS6)
50 cm de P7	2 400	2 483,5	Wi-Fi 2,4 GHz	0,003791	0,008447	0,001496
	5 150	5 350	Wi-Fi 5 GHz FP	0,052724	0,064955	0,036069
	5 470	5 825	Wi-Fi 5 GHz FP	0,000603	0,000625	0,000596
	Total partiel (Wi-Fi)			0,057118	0,074027	0,038161
			Autre	0,000990	0,000985	0,000974
Total			0,058108	0,075012	0,039135	

- 7b) Niveaux d'exposition aux RF pour un portable relié au PA2 en mode de téléchargement aval, en un point de mesure présélectionné, avec l'antenne triaxiale placée à une hauteur de 1,25 mètre

Tableau E.13 – Pourcentage des limites du CS6 (environnement non contrôlé) pour les bandes Wi-Fi, avec un portable en mode de téléchargement aval

Point	Fréquence inférieure [MHz]	Fréquence supérieure [MHz]	Nom du service	Valeur moyenne (% limites CS6)	Valeur maximale (% limites CS6)	Valeur minimale (% limites CS6)
50 cm de P7	2 400	2 483,5	Wi-Fi 2,4 GHz	0,007008	0,023605	0,003691
	5 150	5 350	Wi-Fi 5 GHz FP	0,068841	0,090550	0,039203
	5 470	5 825	Wi-Fi 5 GHz FP	0,000413	0,000399	0,000396
	Total partiel (Wi-Fi)			0,076263	0,114554	0,043290
			Autre	0,000670	0,000673	0,000668
Total			0,076933	0,115227	0,043958	

- 8b) Niveaux d'exposition aux RF de 5 150 à 5 350 MHz, avec l'antenne triaxiale placée à 20 cm du PA1

Tableau E.14 – Pourcentage des limites du CS6 (environnement non contrôlé) à 20 cm de l'antenne du PA1

Point	Fréquence inférieure [MHz]	Fréquence supérieure [MHz]	Nom du service	Valeur moyenne (% limites CS6)	Valeur maximale (% limites CS6)	Valeur minimale (% limites CS6)
20 cm du point d'accès 1	5 150	5 350	Wi-Fi 5 GHz FP	6,679538	10,585600	4,221111

9b) Niveaux d'exposition aux RF de 2 400 à 2 483,5 MHz, avec l'antenne triaxiale placée à 20 cm du PA2

Tableau E.15 – Pourcentage des limites du CS6 (environnement non contrôlé) à 20 cm de l'antenne du PA2

Point	Fréquence inférieure [MHz]	Fréquence supérieure [MHz]	Nom du service	Valeur moyenne (% limites CS6)	Valeur maximale (% limites CS6)	Valeur minimale (% limites CS6)
20 cm du point d'accès 2	2 400	2 483,5	Wi-Fi 2,4 GHz	1,824045	7,733128	0,000897

Références

- (1) Industrie Canada, LD-01, *Lignes directrices relatives à la mesure des champs radioélectriques de la gamme de fréquences de 3 kHz à 300 GHz*
<http://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/fra/sf01451.html>

- (2) Industrie Canada, LD-08, *Lignes directrices pour la préparation de rapports de conformité sur l'exposition aux radiofréquences (RF) pour les systèmes d'antenne de radiocommunication et de radiodiffusion*
<http://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/fra/sf09945.html>

- (3) Industrie Canada, CNR-102, *Conformité des appareils de radiocommunication aux limites d'exposition humaine aux radiofréquences (toutes bandes de fréquences)*
<http://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/fra/sf01904.html>

- (4) Industrie Canada, CNR-210, *Dispositifs de radiocommunication de faible puissance, exempts de licence (pour toutes les bandes de fréquences) : matériel de catégorie I*
<http://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/fra/sf01320.html>

- (5) Industrie Canada, NT-329, *Procédures de mesure selon le Code de sécurité 6 (CS6) (environnements non contrôlés)*
<http://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/fra/sf09977.html>

- (6) Santé Canada, *Limites d'exposition humaine à l'énergie électromagnétique radioélectrique dans la gamme de fréquences de 3 kHz à 300 GHz - Code de sécurité 6 (2009)*
http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/radiation/radio_guide-lignes_direct-fra.php

- (7) Santé Canada, *Guide technique pour l'interprétation et l'évaluation de la conformité aux lignes directrices de Santé Canada sur l'exposition aux radiofréquences*
http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/radiation/radio_guide-lignes_direct-fra.php