

Etude d'impact électromagnétique – Rapport d'étude– ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont

CONFIDENTIALITE

C2

Ce document est la propriété de SIMUTECH. Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle faite sans l'autorisation préalable et écrite de SIMUTECH est interdite.

EA20119100ET

DATE	INDICE	SUIVI DES MODIFICATIONS	REDAC.	VERIF.	VALID. /APPROB.
16/12/2019	0	Création du document	TR	-	JCG

Contact référent du document : GENIER Jean Christian

Références

Code fichier : **EA2-0119-100-ET**

SOMMAIRE

0.	EXPRESSION DE LA DEMANDE.....	5
1.	DOCUMENTS DE REFERENCES*.....	6
2.	RECENSEMENT DES SOURCES ELECTROMAGNETIQUES.....	7
2.1.	Recensement des sources basses fréquences	7
2.2.	Recensement des sources hautes fréquences*	8
3.	MESURES DES ONDES ELECTROMAGNETIQUES	13
3.1.	Mesures basses fréquences	13
3.2.	Mesures hautes fréquences*	19
3.2.1.	Méthode de mesure du champ électromagnétique	19
3.2.2.	Evaluation globale de répartition du champ	19
3.2.3.	Evaluation détaillée des niveaux de champ	25
3.3.	Mesures répartition verticale	33
4.	SIMULATIONS	36
4.1.	Simulations Hautes fréquences.....	36
4.1.1.	Aperçu de l'environnement.....	37
4.1.2.	Simulation générale sur l'ensemble du site	38
4.1.3.	Cas particuliers.....	39
4.1.4.	Simulations spécifiques.....	41
4.1.5.	Analyse des résultats et conclusion simulation Hautes fréquences	45
4.2.	Simulation Basses fréquences	46
4.2.1.	Résultats de simulation BF	48
5.	CONCLUSION	54
6.	ANNEXES.....	56
6.1.	Annexe 1 : Généralités *	56
6.2.	Annexe 2 : Certificats d'étalonnage*	59
6.3.	Annexe 3 : Système de mesure et incertitude de mesure*	63
6.4.	Annexe 4 : Photos des points de mesures Basses fréquences	66
6.5.	Annexe 5 : Photos des points de mesure Hautes fréquences*	74

Liste des figures

Fig 1.	Image satellite « ZAC Charenton Bercy »	5
Fig 2.	Image satellite de la zone du projet vision source basses fréquences	7
Fig 3.	Image satellite de la zone du projet vision sources télécoms	8
Fig 4.	Plan de localisation des points de mesures basses fréquences	18
Fig 5.	Plan de localisation des points de mesures hautes fréquences	23
Fig 6.	Graphique des valeurs mesurées comparées aux valeurs limites (point 2)....	27
Fig 7.	Graphique des valeurs mesurées comparées aux valeurs limites (point 9)....	29
Fig 8.	Graphique des valeurs mesurées comparées aux valeurs limites (point 38) ..	31
Fig 9.	Pylône d'éclairage	33
Fig 10.	3D du projet ZAC Charenton Bercy	37
Fig 11.	Simulation générale sur l'ensemble du site.....	38
Fig 12.	Première zone particulière	39
Fig 13.	Deuxième zone particulière	40
Fig 14.	Champ électromagnétique simulé sur la tour	41
Fig 15.	Champ électromagnétique simulé sur le bâtiment 1	42
Fig 16.	Champ électromagnétique simulé sur le bâtiment 2	43
Fig 17.	Champ électromagnétique simulé sur le bâtiment 3	44
Fig 18.	3D du projet	46
Fig 19.	Plan de champ magnétique au niveau de la passerelle.....	48
Fig 20.	Plan de champ magnétique au niveau du RDC des bâtiments au-dessus des voies	49
Fig 21.	Plan de champ vertical au niveau de la façade des bâtiments au-dessus des voies	50
Fig 22.	Plan de champ magnétique au niveau du groupe scolaire.....	52
Fig 23.	Plan de champ magnétique au niveau de la crèche.....	53
Fig 25.	Certificat Analyseur de spectre	59
Fig 26.	Certificat antenne 1 H-Field.....	59
Fig 27.	Certificat antenne 2 E-Field	60
Fig 28.	Certificat antenne 3 E-Field	60
Fig 29.	Certificat câble	61
Fig 30.	Certificat champ-mètre.....	61
Fig 31.	Certificat sonde WP400.....	62
Fig 32.	Incertitude des mesures du CAS A	63
Fig 33.	Incertitude des mesures du CAS B	64
Fig 34.	Incertitude des mesures H WP400	64
Fig 35.	Incertitude des mesures E WP400	65

Liste des tableaux

Tableau 1:	Champ relevé à la sonde isotropique sur le site de mesure	17
Tableau 2:	Champ relevé à la sonde isotropique sur le site de mesure	22
Tableau 3:	Tableau des évaluations détaillées services par services (point 2)	27
Tableau 4:	Tableau des évaluations détaillées par émissions mesurées (point 2)	28
Tableau 5:	Tableau des évaluations détaillées services par services (point 9)	29
Tableau 6:	Tableau des évaluations détaillées par émissions mesurées (point 9)	30
Tableau 5:	Tableau des évaluations détaillées services par services (point 38)	31
Tableau 8:	Tableau des évaluations détaillées par émissions mesurées (point 38)	32

0. EXPRESSION DE LA DEMANDE

La société Grand Paris Aménagement souhaite réaliser une étude d'impact sur la ZAC Charenton Bercy située à Charenton-le-Pont (94220).

Dans le cadre de cette étude et du projet d'aménagement, les problématiques électromagnétiques sont prises en compte au travers du présent rapport d'étude dans lequel les interventions suivantes sont menées :

- Recensement des sources hautes et basses fréquences
- Mesure basse fréquence large bande 10Hz-400kHz (45 points)
- Mesure haute fréquence large bande 100kHz-6Ghz (41 points)
- Analyse spectrale haute fréquence 100kHz-6Ghz (3 points)
- Mesure haute fréquence large bande 10kHz-6Ghz en altitude (6 points)
- Simulation haute fréquence
- Simulation basse fréquence



Fig 1. Image satellite « ZAC Charenton Bercy »

Les parties de mesures sous accréditation COFRAC sont repérées par le symbole « * » dans le titre de la partie.

1. DOCUMENTS DE REFERENCES*

SIMUTECH est un bureau d'étude et de mesure indépendant spécialisé dans les ondes électromagnétiques. Les procédures et les résultats de mesures seront comparés avec les documents de références suivants :

- **Recommandation 1999/519/CE du 12 juillet 1999** du conseil des Communautés Européennes relative à la limitation de l'exposition du public aux champs électromagnétiques (de 0Hz à 300GHz)
- **Décret n°2002-775 du 3 mai 2002** pris en application du 12° de l'article L.32 du code des postes et télécommunications et relatif aux valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques.
- Agence Nationale des fréquences : Protocole de mesure in situ **ANFR DR15-4 du 28 août 2017** visant à vérifier pour les stations émettrices fixes, le respect des limitations, en termes de niveau de référence, de l'exposition du public aux champs électromagnétiques prévues par le décret n°2002-775 du 3 mai 2002.
- **Décret n°2006-61 du 18 janvier 2006** relatif aux exigences de qualité imposées aux organismes mentionnés à l'article L.34-9-1 du code des postes et des communications électroniques et modifiant le code des postes et des communications électroniques.
- **Directive 2013/35/UE du parlement Européen et du conseil du 26 juin 2013**, concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relative à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (champs électromagnétiques).
- **Décret n°2016-1074 du 3 août 2016**, relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux champs électromagnétiques. Le décret est pris pour la transposition de la directive 2013/35/UE.
- **Instruction du 15 avril 2013 du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie**, relative à l'urbanisme à proximité des lignes de transport d'électricité.

2. RECENSEMENT DES SOURCES ELECTROMAGNETIQUES

2.1. Recensement des sources basses fréquences

Les sources basses fréquences recensées autour du projet sont présentées sur l'image satellite ci-dessous.

Les voies de chemin de fer à proximité, le poste de transformation présent sur le pylône d'éclairage, les lignes haute tension et les postes électriques sont les sources ENERGIE potentiellement impactantes identifiées sur et à proximité du projet.

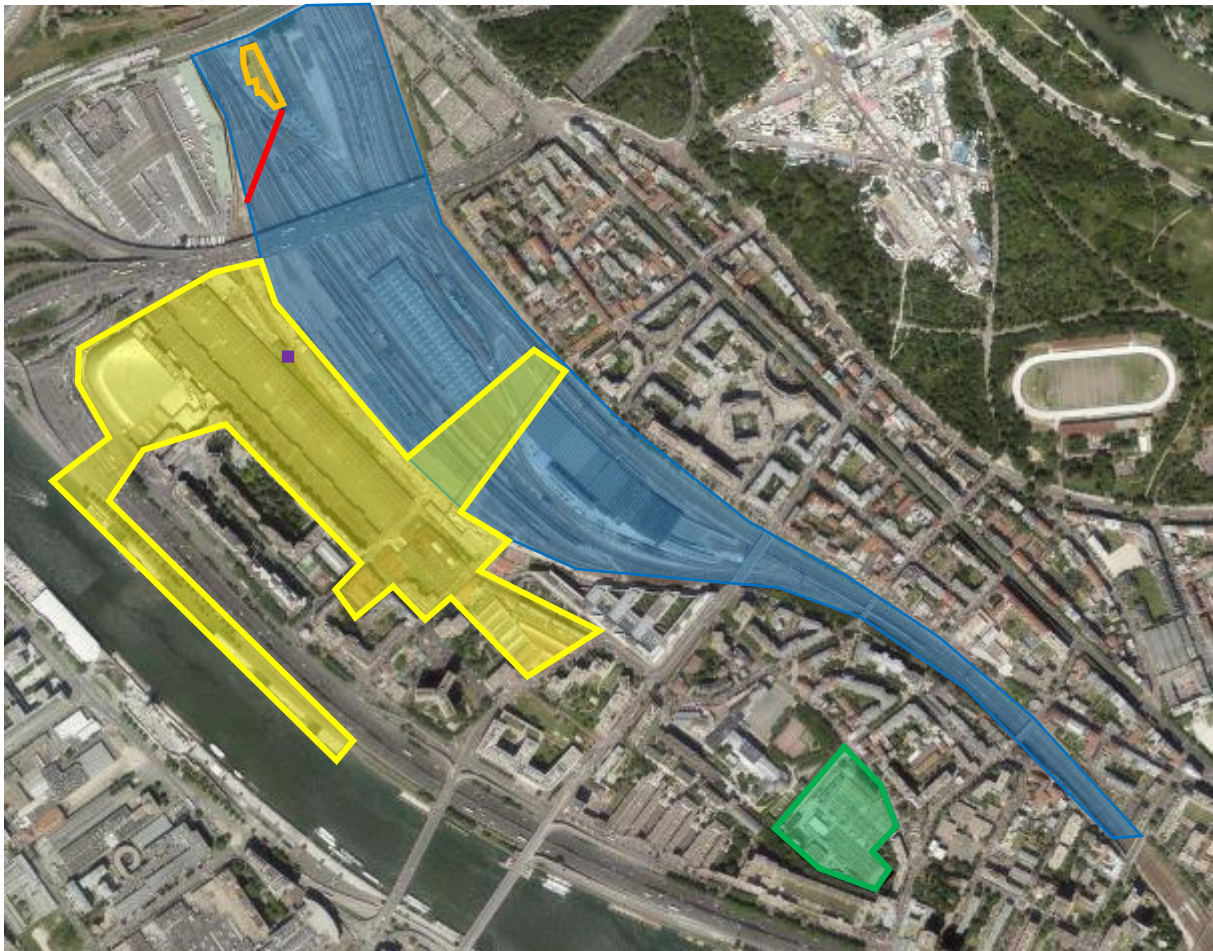








Fig 2. Image satellite de la zone du projet vision source basses fréquences

	ZAC Charenton Bercy
	Lignes de chemin de fer
	Poste électrique
	Poste électrique SNCF
	Poste de transformation pylône éclairage
	Câble Haute tension



2.2. Recensement des sources hautes fréquences*

Les sources hautes fréquences autour du projet sont présentées sur l'image satellite ci-dessous.

Les émetteurs présents à proximité sont des émetteurs de téléphonie mobile tous services confondus, des émetteurs PMR, des émetteurs BLR LTE 3500 et des émetteurs TETRA et GSM-R de la SNCF.



Fig 3. Image satellite de la zone du projet vision sources télécoms

	ZAC Charenton Bercy
	Positionnement d'un émetteur

Les informations des émetteurs présents sur le plan Fig 3 sont présentées ci-dessous :

Numéro émetteur	Description de l'émetteur
1	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur téléphonie mobile ORANGE situé au 2 rue des pirogues de Bercy, 75012 PARIS
2	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur téléphonie mobile FREE situé au 1 rue de Libourne, 75012 PARIS
3	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur téléphonie mobile SFR situé à Bercy expo 40 avenue des terroirs de France, 75012 PARIS
4	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur téléphonie mobile BOUYGUES situé au 40 avenue des terroirs de France immeuble lumière, 75012 PARIS • Emetteur FAISCEAU HERTZIEN BOUYGUES situé au 40 avenue des terroirs de France immeuble lumière, 75012 PARIS • Emetteur PMR RESEAU PRIVE situé au 40 avenue des terroirs de France immeuble lumière, 75012 PARIS
5	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur téléphonie mobile BOUYGUES situé au bd périphérique direction bagnolet route de la croix rouge/route de reuilly tunnel pelouse de reuilly, 75012 PARIS • Emetteur téléphonie mobile ORANGE situé au bd périphérique direction bagnolet route de la croix rouge/route de reuilly tunnel pelouse de reuilly, 75012 PARIS • Emetteur téléphonie mobile SFR situé au bd périphérique direction bagnolet route de la croix rouge/route de reuilly tunnel pelouse de reuilly, 75012 PARIS
6	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur Faisceau Hertzien COMPLETEL situé au 15 rue Jean-Baptiste Berlier, 75013 PARIS
7	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur Faisceau Hertzien BOUYGUES situé au 2 rue François Mitterrand, 94200 IVRY-SUR-SEINE
8	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur téléphonie mobile ORANGE situé au 12 rue Bruneseau direction de la voirie, 75013 PARIS • Emetteur téléphonie mobile SFR situé au 12 rue Bruneseau direction de la voirie, 75013 PARIS • Emetteur Faisceau Hertzien ORANGE situé au 12 rue Bruneseau direction de la voirie, 75013 PARIS • Emetteur Faisceau Hertzien SFR situé au 12 rue Bruneseau direction de la voirie, 75013 PARIS
9	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur téléphonie mobile FREE situé au 2 rue Bruneseau, 75013 PARIS
10	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur téléphonie mobile FREE situé à porte de Bercy - boulevard périphérique accès A4, 75012 PARIS
11	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur téléphonie mobile ORANGE situé au boulevard périphérique quai de Bercy, 75012 PARIS
12	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur téléphonie mobile ORANGE situé au 2 place de l'Europe hôtel ibis, 94220 CHARENTON-LE-PONT

	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur téléphonie mobile SFR situé au 2 place de l'Europe hôtel ibis, 94220 CHARENTON-LE-PONT • Emetteur BLR LTE 3500 SHD situé au 2 place de l'Europe hôtel ibis, 94220 CHARENTON-LE-PONT
13	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur téléphonie mobile BOUYGUES situé au 4 place de l'Europe - carrefour, 94220 CHARENTON-LE-PONT • Emetteur Faisceau Hertzien BOUYGUES situé au 4 place de l'Europe - carrefour, 94220 CHARENTON-LE-PONT
14	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur PMR de la SNCF situé au rst octgv conflans pk 002.300, 94220 CHARENTON-LE-PONT
15	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur TETRA SNCF situé au 20 rue Marius Delcher, 94220 CHARENTON-LE-PONT
16	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur téléphonie mobile ORANGE situé au tunnel boulevard périphérique sous avenue de la porte de Charenton, 75012 PARIS • Emetteur téléphonie mobile SFR situé au tunnel boulevard périphérique sous avenue de la porte de Charenton, 75012 PARIS
17	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur téléphonie mobile ORANGE situé au 172 avenue de paris / 3 avenue de gravelle, 94220 CHARENTON-LE-PONT
18	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur téléphonie mobile BOUYGUES situé au 147 rue de paris, 94220 CHARENTON-LE-PONT • Emetteur téléphonie mobile ORANGE situé au 147 rue de paris, 94220 CHARENTON-LE-PONT • Emetteur téléphonie mobile SFR situé au 147 rue de paris, 94220 CHARENTON-LE-PONT • Emetteur Faisceau Hertzien BOUYGUES situé au 147 rue de paris, 94220 CHARENTON-LE-PONT • Emetteur BLR LTE 3500 SHD situé au 147 rue de paris, 94220 CHARENTON-LE-PONT
19	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur téléphonie mobile BOUYGUES situé au 5 place des marseillais, 94220 CHARENTON-LE-PONT • Emetteur Faisceau Hertzien BOUYGUES situé au 5 place des marseillais, 94220 CHARENTON-LE-PONT
20	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur téléphonie mobile ORANGE situé rue de Paris angle rue de la liberté métro liberté l8, 94220 CHARENTON-LE-PONT • Emetteur téléphonie mobile SFR situé rue de Paris angle rue de la liberté métro liberté l8, 94220 CHARENTON-LE-PONT

21	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur téléphonie mobile BOUYGUES situé au 2 rue du nouveau Bercy, 94220 CHARENTON-LE-PONT • Emetteur Faisceau Hertzien BOUYGUES situé au 2 rue du nouveau Bercy, 94220 CHARENTON-LE-PONT • Emetteur Faisceau Hertzien TOWERCAST situé au 2 rue du nouveau Bercy, 94220 CHARENTON-LE-PONT
22	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur téléphonie mobile FREE situé au 6 rue Robert Grenet, 94220 CHARENTON-LE-PONT • Emetteur Faisceau Hertzien FREE situé au 6 rue Robert Grenet, 94220 CHARENTON-LE-PONT
23	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur PMR RESEAU PRIVE situé au 14 rue du port aux lions, 94220 CHARENTON-LE-PONT
24	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur téléphonie mobile FREE situé au 5-7 rue pasteur, 94220 CHARENTON-LE-PONT • Emetteur téléphonie mobile ORANGE situé au 5-7 rue pasteur, 94220 CHARENTON-LE-PONT
25	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur téléphonie mobile BOUYGUES situé au 18 rue de l'archevêché, 94220 CHARENTON-LE-PONT • Emetteur Faisceau Hertzien BOUYGUES situé au 18 rue de l'archevêché, 94220 CHARENTON-LE-PONT
26	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur téléphonie mobile FREE situé au 15 rue Jean Jacques Rousseau, 94200 IVRY-SUR-SEINE
27	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur téléphonie mobile ORANGE situé au n.19 - 6/14 rue Jules Vanzuppe, 94200 IVRY-SUR-SEINE
28	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur PMR RESEAU PRIVE situé au 19 boulevard Paul Vaillant Couturier tour atrium, 94200 IVRY-SUR-SEINE
29	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur téléphonie mobile BOUYGUES situé au 14 boulevard Paul Vaillant Couturier, 94200 IVRY-SUR-SEINE • Emetteur FAISCEAU HERTZIEN BOUYGUES situé au 14 boulevard Paul Vaillant Couturier, 94200 IVRY-SUR-SEINE
30	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur téléphonie mobile ORANGE situé au boulevard Paul Vaillant Couturier centre commerciale grand ciel, 94200 IVRY-SUR-SEINE
31	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur téléphonie mobile BOUYGUES situé au 30 boulevard Paul Vaillant Couturier centre commercial grand ciel, 94200 IVRY-SUR-SEINE

32	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur téléphonie mobile SFR situé au niveau de l'A4 - sens province-paris - PR 0.675 intersection rue des arcades et quai de Bercy, 94220 CHARENTON-LE-PONT
33	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur téléphonie mobile SFR situé au 39 rue Westermeyer, 94200 IVRY-SUR-SEINE • Emetteur Faisceau Hertzien SFR situé au 39 rue Westermeyer, 94200 IVRY-SUR-SEINE
34	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur téléphonie mobile BOUYGUES situé au 35 rue Westermeyer, 94200 IVRY-SUR-SEINE • Emetteur Faisceau Hertzien BOUYGUES situé au 35 rue Westermeyer, 94200 IVRY-SUR-SEINE
35	<ul style="list-style-type: none"> • Emetteur téléphonie mobile BOUYGUES situé au 3 allée de la Seine, 94200 IVRY-SUR-SEINE • Emetteur téléphonie mobile ORANGE situé au 3 allée de la Seine, 94200 IVRY-SUR-SEINE • Emetteur téléphonie mobile SFR situé au 3 allée de la Seine, 94200 IVRY-SUR-SEINE • Emetteur Faisceau Hertzien BOUYGUES situé au 3 allée de la Seine, 94200 IVRY-SUR-SEINE

3. MESURES DES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

3.1. Mesures basses fréquences

Cette partie présente l'évaluation de l'environnement électromagnétique suivant l'étape suivante :

- Evaluation globale BF : cartographie en 45 points.
 - Evaluation large bande de l'environnement électromagnétique à une hauteur de 1.5mètre.
 - Appareil de mesure : Champ-mètre et une sonde isotropique avec mesure des composantes électrique et magnétique.

Les tableaux récapitulatifs des mesures basses fréquences sur le spectre 10Hz-400kHz sont présentés ci-dessous. Cette mesure se fait en mesurant les composantes électriques E (V/m) et magnétiques B (μT) indépendamment.

N°	Localisation	Champ E moyen (V/m)	Champ E max (V/m)	Champ H moyen (μT)	Champ H max (μT)
1	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la passerelle Valmy, à l'extrémité Nord, au-dessus des lignes TGV	0,63	0,67	0,08	0,22
2	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la passerelle Valmy, au-dessus de la ligne 29	1,17	1,20	0,05	0,25
3	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la passerelle Valmy, au niveau du technicentre SUD-EST Européen	232	2,28	0,06	0,22
4	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la passerelle Valmy, au-dessus des rails RER	0,90	1,74	0,06	0,39
5	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la passerelle Valmy, à l'extrémité Sud	0,65	0,87	0,08	0,25
6	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la zone de stockage, au niveau du périphérique	0,69	0,66	0,06	0,20

7	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la zone de stockage, proche des rails	0,66	0,68	0,05	0,06
8	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la zone de stockage, Au centre	0,67	0,65	0,89	0,99
9	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la zone de stockage, au niveau du coffret du pylône d'éclairage	33,77	33,61	0,09	0,21
10	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la zone de stockage, proche des rails	0,66	0,64	0,06	0,21
11	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la zone de stockage, proche des rails	0,66	0,73	0,19	0,06
12	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la zone de stockage, Au centre	0,65	0,67	0,78	0,91
13	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la zone de stockage, proche des rails	0,65	0,74	0,06	0,27
14	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la zone de stockage, proche des rails	0,65	0,67	0,11	0,23
15	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la zone de stockage, sur le parking en contre-bas	0,65	0,70	0,06	0,20
16	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la zone de stockage, au niveau de l'entrée Nord	0,33	0,45	0,30	0,32
17	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la zone de stockage, au niveau de la passerelle	0,65	0,67	0,51	0,59

18	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la zone de stockage, au milieu des entrepôts	0,61	0,66	0,05	0,19
19	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la zone de stockage, proche des rails	0,64	0,71	0,14	0,23
20	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la zone de stockage, au niveau de l'entrée sud, proche des rails	0,63	0,66	0,49	0,57
21	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue Robert Grenet, En face des portes 9 et 10	0,63	0,69	0,05	0,31
22	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue Robert Grenet, En face de la porte 27	0,64	0,70	0,05	0,19
23	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue Escoffier, devant l'entrée ESCOFFIER du centre commerciale Bercy 2	0,63	0,66	0,24	0,30
24	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue Escoffier, au niveau du virage	0,65	1,16	0,16	0,30
25	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur le parking de Bercy 2, au niveau du parking livraison	0,69	0,66	0,15	0,23
26	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue Necker, en face du restaurant	0,72	1,33	0,05	0,06
27	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue Necker, au niveau de l'entrée personnel visiteur du parking NATIXIS	0,63	0,72	0,06	0,20
28	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue Necker, Au Sud	0,78	1,54	0,18	0,32

29	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue de l'arcade, devant l'entrée de l'hôpital	0,66	0,73	0,06	0,21
30	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, service ambulance APHP, au niveau du portail entrée véhicule	0,64	0,68	0,05	0,05
31	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue du port aux lions, en face du numéro 9	0,63	0,94	0,08	0,19
32	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue de l'Hérault, au niveau du numéro 83	0,65	0,67	0,05	0,20
33	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, impasse villa le marin, à l'extrémité	0,65	0,68	0,05	0,19
34	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue du nouveau Bercy, en face de l'entrée du gymnase Maurice HERZOG	0,70	0,91	0,05	0,05
35	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue de l'entrepôt, en face du comptoir client UPS	0,66	0,82	0,08	0,28
36	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue de l'entrepôt, A l'angle Nord de la rue	0,67	1,00	0,06	0,19
37	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue de l'entrepôt, en face de l'entrée de la Martiniquaise	0,62	0,93	0,06	0,18
38	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue Robert Grenet, A l'angle Sud-Ouest	0,66	0,71	0,05	0,18
39	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue Robert Grenet, Devant les 2eme entrées Sud-Ouest	0,63	0,66	0,07	0,34

40	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue Robert Grenet, Devant les 2eme entrées Sud Est	0,65	0,73	0,06	0,18
41	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue Robert Grenet, Au milieu des 4 entrées	0,66	0,77	0,18	0,05
42	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue Robert Grenet, A l'angle Sud Est	0,64	0,72	0,06	0,28
43	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, voie sur berge, au Nord	0,73	1,65	0,06	0,27
44	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, voie sur berge, au centre	0,65	0,76	0,05	0,21
45	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, voie sur berge, au Sud	0,75	1,05	0,05	0,19

Tableau 1: Champ relevé à la sonde isotropique sur le site de mesure

La composante électrique maximale du champ électromagnétique basses fréquence est présente au point 9. Ce point de mesure se trouve proche du transformateur d'alimentation du pylône d'éclairage.

La composante magnétique maximale du champ électromagnétique basses fréquence est présente au point 8.

Le plan de localisation des points de mesures basses fréquences est donné ci-dessous :



Fig 4. *Plan de localisation des points de mesures basses fréquences*



Point de mesure BF

3.2. Mesures hautes fréquences*

3.2.1. Méthode de mesure du champ électromagnétique

Une mesure est réalisée pour connaître les niveaux de champs électromagnétiques hautes fréquences. Cette mesure met en évidence les contributions des antennes relais et des réseaux privés type PMR, BLR, TETRA et GSM-R présent à proximité du site d'étude.

Une cartographie au champ-mètre large bande est réalisée pour connaître la répartition du champ sur la totalité de la parcelle du projet de la ZAC. Le champ-mètre délivre une valeur globale du champ électromagnétique sur la gamme 100kHz-6GHz.

Une analyse spectrale est réalisée sur trois points particuliers relevés lors de la cartographie. Celle-ci permet de dissocier et de connaître le niveau de chaque source d'énergie (2G, 3G, 4G, radio FM RNT, TV, RADAR, etc.) sur le spectre 100kHz-6GHz.

Ces mesures se font suivant le protocole ANFR/DR 15-4 du 28 août 2017 conformément à la norme NF50492 (Norme de base pour la mesure du champ électromagnétique sur site, en relation avec l'exposition du corps humain à proximité des stations de base).

3.2.2. Evaluation globale de répartition du champ

L'essai couvre la bande 100kHz-6GHz. Il est réalisé en ondes formées, la mesure de l'intensité d'une seule composante électrique ou magnétique est donc suffisante.

Pour répondre à cet objectif l'essai est réalisé suivant le Cas A et Cas B du protocole de mesure en vigueur. Les points de mesures n° 2, 9 et 38 ont été choisis pour la réalisation des Cas B.

- Evaluation globale Cas A : cartographie en 41 points.
 - Evaluation large bande de l'environnement électromagnétique à une hauteur de 1.5mètre.
 - Appareil de mesure : Champ-mètre et une sonde isotropique.
- Evaluation détaillée Cas B : 3 points
 - Evaluation détaillée suite à l'évaluation globale, bande de fréquence par bande de fréquence pour les points choisis.
 - Appareil de mesure : Analyseur de spectre et antenne adaptées.

Le tableau ci-dessous donne les résultats de l'évaluation globale Cas A :

N°	Localisation	Champ électrique moyen (V/m)
1	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la passerelle Valmy, à l'extrémité Sud	1.00
2	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la passerelle Valmy, au-dessus des rails RER	1.62
3	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la passerelle Valmy, au niveau des bâtiments de remisage	1.33
4	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la passerelle Valmy, au niveau du technicentre SUD-EST Européen	0.87
5	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la passerelle Valmy, au-dessus de la ligne 29	0.98
6	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la passerelle Valmy, à l'extrémité Nord, au-dessus des lignes TGV	0.74
7	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la zone de stockage, au niveau de l'entrée de DERICHEBOURG	1.40
8	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la zone de stockage, au centre	0.96
9	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la zone de stockage, au niveau du périphérique	1.42
10	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la zone de stockage, au centre	0.99
11	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la zone de stockage, au niveau de l'entrée	0.92
12	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la zone de stockage, au niveau de l'entrée Sud	0.70
13	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue Robert Grenet, en face de la porte 124	0.75
14	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue Robert Grenet, en face de la porte 105	0.75

15	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue Robert Grenet, en face de la porte 95	1.58
16	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue Robert Grenet, en face de la porte 75	1.37
17	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue Robert Grenet, en face de la porte 55	1.53
18	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue Robert Grenet, en face de la porte 35	1.31
19	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue Robert Grenet, au croisement avec la rue Escoffier	1.22
20	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la route d'accès à DERICHEBOURG	0.92
21	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue Escoffier, devant l'entrée ESCOFFIER du centre commerciale Bercy 2	0.35
22	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue Escoffier, au niveau du virage	0.52
23	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue Escoffier, au niveau de la sortie autoroute	0.79
24	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur le parking de Bercy 2, au niveau du parking livraison	0.98
25	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue Necker, en face du restaurant	0.81
26	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue Necker, au niveau de l'entrée personnel visiteur du parking NATIXIS	2.08
27	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue Necker, Au Sud	0.26
28	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue de l'arcade, devant l'entrée de l'hôpital	0.25
29	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, service ambulance APHP, devant la porte 3 imprimerie	0.72

30	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, service ambulance APHP, devant la porte 1 département automobile	0.51
31	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue du port aux lions, en face du numéro 9	0.44
32	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue de l'Hérault, au niveau du numéro 83	0.97
33	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, impasse villa le marin, à l'extrémité	0.36
34	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue de l'Hérault, en face du numéro 102	0.89
35	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue du nouveau Bercy, en face de l'entrée du gymnase Maurice HERZOG	0.27
36	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue de l'entrepôt, en face du comptoir client UPS	0.61
37	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue de l'entrepôt, en face de l'entrée de la Martiniquaise	0.22
38	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue Robert Grenet, au niveau des barrières d'entrées	0.64
39	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, voie sur berge, nord	2.30
40	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, voie sur berge, centre	1.63
41	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, voie sur berge, sud	2.45

Tableau 2: Champ relevé à la sonde isotropique sur le site de mesure

La limite de sensibilité de la sonde utilisée pour la réalisation de ces mesures est de 0.30 V/m.

Le décret n°2002-775 du 3 mai 2002 limite l'exposition des valeurs obtenues lors d'une mesure cas A, pour le public, à la plus petite limite d'exposition du spectre 100kHz-6GHz, soit 28V/m.

Le décret n°2013/35/UE du 26 juin 2013 limite l'exposition des valeurs obtenues lors d'une mesure cas A, pour les travailleurs, à la plus petite limite d'exposition du spectre 100kHz-6GHz, soit 60V/m.

Le plan de localisation des points de mesures hautes fréquences est donné ci-dessous :



Fig 5. *Plan de localisation des points de mesures hautes fréquences*



Point de mesure CAS A



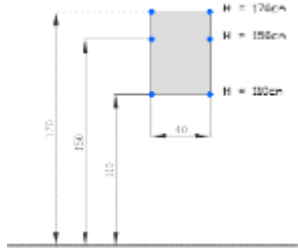
Point de mesure CAS B

Les points de mesures retenus pour les Cas B sont les points numéro 2 ; 9 et 38 (points en vert sur la carte).

Sur ces points est effectuée une moyenne spatiale présentée dans le tableau ci-dessous :

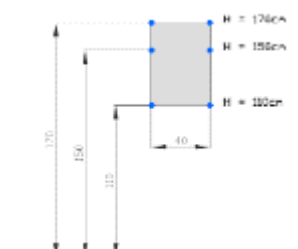
Point n°2 :

Champ électrique moyen mesuré (V/m)		
Point de mesure haut (1.7m)	1.76	2.09
Point de mesure central (1.5m)	1.62	1.51
Point de mesure bas (1.1 m)	1.02	1.04
Moyenne spatiale des six hauteurs	1.55	
Comparaison à la valeur limite basse (28V/m)	5.55%	



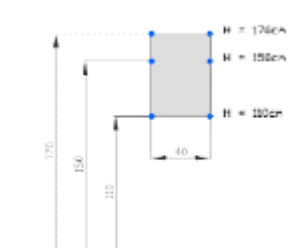
Point n°9 :

Champ électrique moyen mesuré (V/m)		
Point de mesure haut (1.7m)	1.69	1.60
Point de mesure central (1.5m)	1.65	1.39
Point de mesure bas (1.1 m)	1.44	1.71
Moyenne spatiale des six hauteurs	1.58	
Comparaison à la valeur limite basse (28V/m)	5.66%	



Point n°38 :

Champ électrique moyen mesuré (V/m)		
Point de mesure haut (1.7m)	0.78	0.86
Point de mesure central (1.5m)	0.75	0.79
Point de mesure bas (1.1 m)	0.66	0.66
Moyenne spatiale des six hauteurs	0.76	
Comparaison à la valeur limite basse (28V/m)	2.70%	



3.2.3. Evaluation détaillée des niveaux de champ

Une évaluation détaillée complémentaire des niveaux de champ électrique des principaux services est réalisée aux points n°2 ; 9 et 38 avec 3 sondes de mesure couvrant le spectre 100kHz-6GHz.

Point N°2		
Date de la mesure	2019-02-14	
Heure de début et de fin de la mesure	08 :15	09 :40
Adresse du point de mesure	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la passerelle Valmy, au-dessus des rails RER	
Coordonnées GPS	48.825051 – 2.399675	
Type de point	Extérieur	
Type d’environnement	RUE	
Emetteurs environnants		
Type de service	Distance au point de mesure (m)	Hauteur de l’antenne (m)
PMR	260	22.0
TELEPHONIE	460	21.5
PMR	130	15.0
TELEPHONIE	400	24.5

Point N°9		
Date de la mesure	2019-02-14	
Heure de début et de fin de la mesure	10 :00	12 :25
Adresse du point de mesure	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, sur la zone de stockage, au niveau du périphérique	
Coordonnées GPS	48.827764 – 2.395617	
Type de point	Extérieur	
Type d’environnement	RUE	
Emetteurs environnants		
Type de service	Distance au point de mesure (m)	Hauteur de l’antenne (m)
TELEPHONIE	60	2.5
TELEPHONIE	140	33.1
TELEPHONIE	380	5.5
TELEPHONIE	380	4.4

Point N°38		
Date de la mesure	2019-02-14	
Heure de début et de fin de la mesure	14 :00	15 :15
Adresse du point de mesure	ZAC Charenton Bercy, 94220 Charenton-le-Pont, rue Robert Grenet, au niveau des barrières d'entrée	
Coordonnées GPS	48.824566 – 2.398132	
Type de point	Extérieur	
Type d'environnement	RUE	
Emetteurs environnants		
Type de service	Distance au point de mesure (m)	Hauteur de l'antenne (m)
TELEPHONIE	160	28.3
TELEPHONIE	86	37.8
PMR	140	15.0
TELEPHONIE	550	21.5

Cette mesure complémentaire propose une mesure détaillée permettant de différencier les sources d'émissions.

Point n°2 :

Référence sur le graphique	Services	Pourcentage Champ électrique E mesuré (V/m)	Valeur limite public d'exposition par services (V/m)	Valeur limite travailleur d'exposition par services (V/m)
1	Services HF	0.12	28	61
2	PMR	<0.05	28	61
3	RADIODIFFUSION (FM-RNT)	0.26	28	61
4	PMR-BALISES-Objets communicants	0.12	28	60
5	TV	0.11	38	61
6	TM 700	0.55	38	83
7	TM 800	0.31	41	84
8	TM 900	0.36	42	91
9	RADARS – Balises – FH	0.06	42	93
10	TM 1800	0.65	58	127
11	DECT	<0.05	59	130
12	TM 2100	0.36	61	131
13	RADARS – BLR – FH	0.11	61	140
14	RRi (Wifi)	<0.05	61	140
15	TM 2600	0.69	61	140
	CUMUL DES SERVICES	1.30		

Tableau 3: Tableau des évaluations détaillées services par services (point 2)

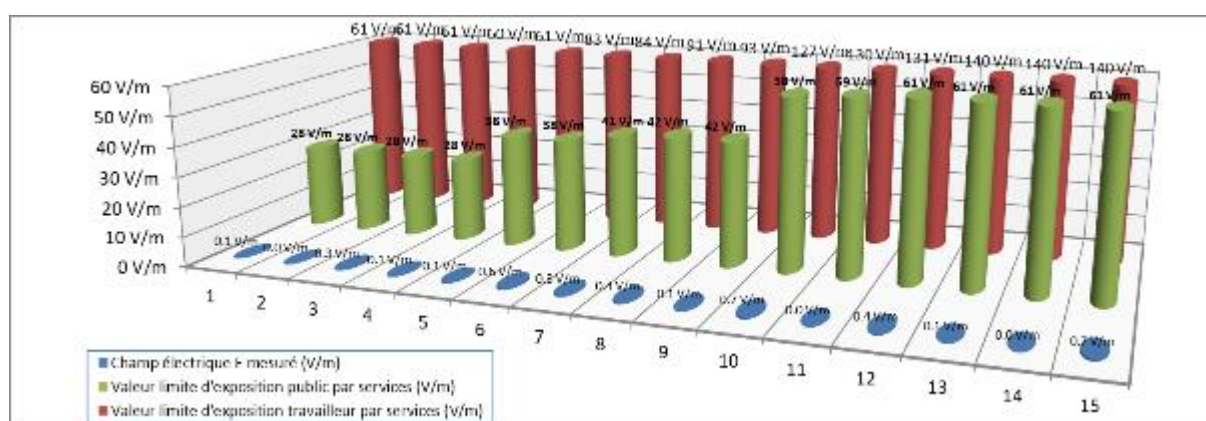


Fig 6. Graphique des valeurs mesurées comparées aux valeurs limites (point 2)

Le tableau suivant présente les émissions significatives spécifiquement mesurées fréquence par fréquence. Chaque émission supérieure au seuil de détection est mesurée, si aucune ne dépasse ce seuil, les deux émissions les plus fortes par services sont mesurées.

Emissions significatives (MHz)	Services	Champ électrique E mesuré (V/m)	Valeur limite d'exposition public** (V/m)	Valeur limite d'exposition travailleur** (V/m)
0.16	Services HF	0.08	87.00	610.00
0.23	Services HF	<0.05	87.00	610.00
78.00	PMR	<0.05	28.00	61.00
30.68	PMR	<0.05	28.00	61.00
Free 4G	TM 700	0.52	38.48	83.95
Bouygues 4G	TM 700	0.08	38.29	83.54
TV canal 25	TV	0.05	30.85	67.30
TV canal 22	TV	<0.05	30.10	65.68
FM Radio Ici et Maintenant/Néo	RADIODIFFUSION (FM-RNT)	0.07	28.00	61.00
FM Radio FG	RADIODIFFUSION (FM-RNT)	0.07	28.00	61.00
428.09	PMR-BALISES-Objets communicants	0.10	28.45	62.07
922.25	PMR-BALISES-Objets communicants	<0.05	41.76	91.11
Bouygues 4G	TM 800	0.23	38.79	84.64
Orange 4G	TM 800	0.14	39.28	85.70
Free 3G	TM 900	0.14	42.32	92.34
Bouygues 3G	TM 900	0.13	41.94	91.50
994.00	RADARS – Balises – FH	<0.05	43.35	94.58
972.00	RADARS – Balises – FH	<0.05	42.87	93.53
Free 4G	TM 1800	0.46	59.18	129.12
Bouygues 4G	TM 1800	0.22	59.46	129.73
1892.00	DECT	<0.05	59.81	130.49
1887.00	DECT	<0.05	59.73	130.32
Free 3G	TM 2100	0.21	61.00	140.00
Bouygues 4G	TM 2100	0.11	61.00	140.00
5971.98	RADARS – BLR – FH	<0.05	61.00	140.00
5993.96	RADARS – BLR – FH	<0.05	61.00	140.00
5700.00	RRi (Wifi)	<0.05	61.00	140.00
5660.00	RRi (Wifi)	<0.05	61.00	140.00
Free 4G	TM 2600	0.74	61.00	140.00
Bouygues 4G	TM 2600	0.25	61.00	140.00

Tableau 4: Tableau des évaluations détaillées par émissions mesurées (point 2)

** Les valeurs limites d'exposition du public et des travailleurs varient en fonction de la fréquence d'émission de la source mesurée suivant une formule mathématique établie dans les normes d'exposition. (Décret n°2002-775 et directive 2013/35/UE)

Point n°9 :

Référence sur le graphique	Services	Pourcentage Champ électrique E mesuré (V/m)	Valeur limite public d'exposition par services (V/m)	Valeur limite travailleur d'exposition par services (V/m)
1	Services HF	0.09	28	61
2	PMR	<0.05	28	61
3	RADIODIFFUSION (FM-RNT)	0.07	28	61
4	PMR-BALISES-Objets communicants	0.07	28	60
5	TV	0.05	38	61
6	TM 700	0.11	38	83
7	TM 800	0.65	41	84
8	TM 900	0.45	42	91
9	RADARS – Balises – FH	0.06	42	93
10	TM 1800	0.63	58	127
11	DECT	<0.05	59	130
12	TM 2100	0.67	61	131
13	RADARS – BLR – FH	0.11	61	140
14	RRi (Wifi)	<0.05	61	140
15	TM 2600	0.90	61	140
	CUMUL DES SERVICES	1.52		

Tableau 5: Tableau des évaluations détaillées services par services (point 9)

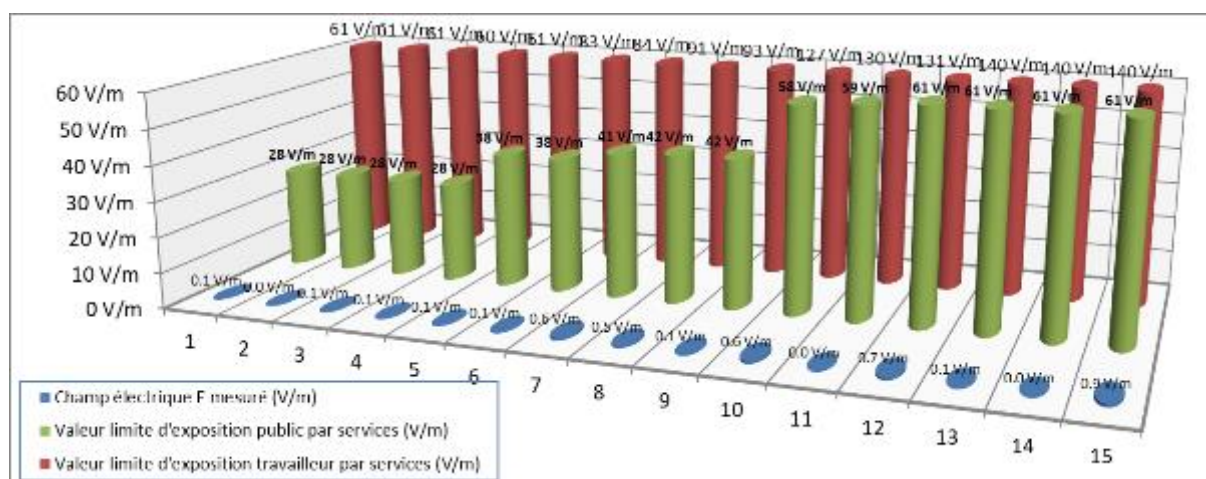


Fig 7. Graphique des valeurs mesurées comparées aux valeurs limites (point 9)

Le tableau suivant présente les émissions significatives spécifiquement mesurées fréquence par fréquence. Chaque émission supérieure au seuil de détection est mesurée, si aucune ne dépasse ce seuil, les deux émissions les plus fortes par services sont mesurées.

Emissions significatives (MHz)	Services	Champ électrique E mesuré (V/m)	Valeur limite d'exposition public** (V/m)	Valeur limite d'exposition travailleur** (V/m)
0.16	Services HF	<0.05	87.00	610.00
0.23	Services HF	<0.05	87.00	610.00
78.00	PMR	<0.05	28.00	61.00
30.42	PMR	<0.05	28.00	61.00
Free 4G	TM 700	0.09	38.48	83.95
Bouygues 4G	TM 700	0.05	38.29	83.54
TV canal 25	TV	<0.05	30.85	67.30
TV canal 22	TV	<0.05	30.10	65.68
FM Générations	RADIODIFFUSION (FM-RNT)	<0.05	28.00	61.00
FM Radio FG	RADIODIFFUSION (FM-RNT)	<0.05	28.00	61.00
427.99	PMR-BALISES-Objets communicants	<0.05	28.45	62.06
428.09	PMR-BALISES-Objets communicants	<0.05	28.45	62.07
SFR 4G	TM 800	0.38	39.04	85.17
Orange 4G	TM 800	0.23	39.28	85.70
Orange 2G	TM 900	0.22	42.06	91.76
SFR 2G	TM 900	0.17	42.43	92.57
972.00	RADARS – Balises – FH	<0.05	42.87	93.53
1062.00	RADARS – Balises – FH	<0.05	44.81	97.77
SFR 4G	TM 1800	0.48	58.90	128.52
Orange 4G	TM 1800	0.20	58.58	127.81
1892.00	DECT	<0.05	59.81	130.49
1881.75	DECT	<0.05	59.65	130.14
SFR 4G	TM 2100	0.30	61.00	140.00
Orange 3G	TM 2100	0.27	61.00	140.00
5951.98	RADARS – BLR – FH	<0.05	61.00	140.00
5971.98	RADARS – BLR – FH	<0.05	61.00	140.00
5700.00	RRi (Wifi)	<0.05	61.00	140.00
5680.00	RRi (Wifi)	<0.05	61.00	140.00
Orange 4G	TM 2600	0.91	61.00	140.00
SFR 4G	TM 2600	0.31	61.00	140.00

Tableau 6: Tableau des évaluations détaillées par émissions mesurées (point 9)

** Les valeurs limites d'exposition du public et des travailleurs varient en fonction de la fréquence d'émission de la source mesurée suivant une formule mathématique établie dans les normes d'exposition. (Décret n°2002-775 et directive 2013/35/UE)

Point n°38 :

Référence sur le graphique	Services	Pourcentage Champ électrique E mesuré (V/m)	Valeur limite public d'exposition par services (V/m)	Valeur limite travailleur d'exposition par services (V/m)
1	Services HF	0.12	28	61
2	PMR	<0.05	28	61
3	RADIODIFFUSION (FM-RNT)	0.09	28	61
4	PMR-BALISES-Objets communicants	<0.05	28	60
5	TV	<0.05	38	61
6	TM 700	0.29	38	83
7	TM 800	0.26	41	84
8	TM 900	0.35	42	91
9	RADARS – Balises – FH	0.06	42	93
10	TM 1800	0.21	58	127
11	DECT	<0.05	59	130
12	TM 2100	0.24	61	131
13	RADARS – BLR – FH	0.11	61	140
14	RRi (Wifi)	<0.05	61	140
15	TM 2600	0.38	61	140
	CUMUL DES SERVICES	0.75		

Tableau 7: Tableau des évaluations détaillées services par services (point 38)

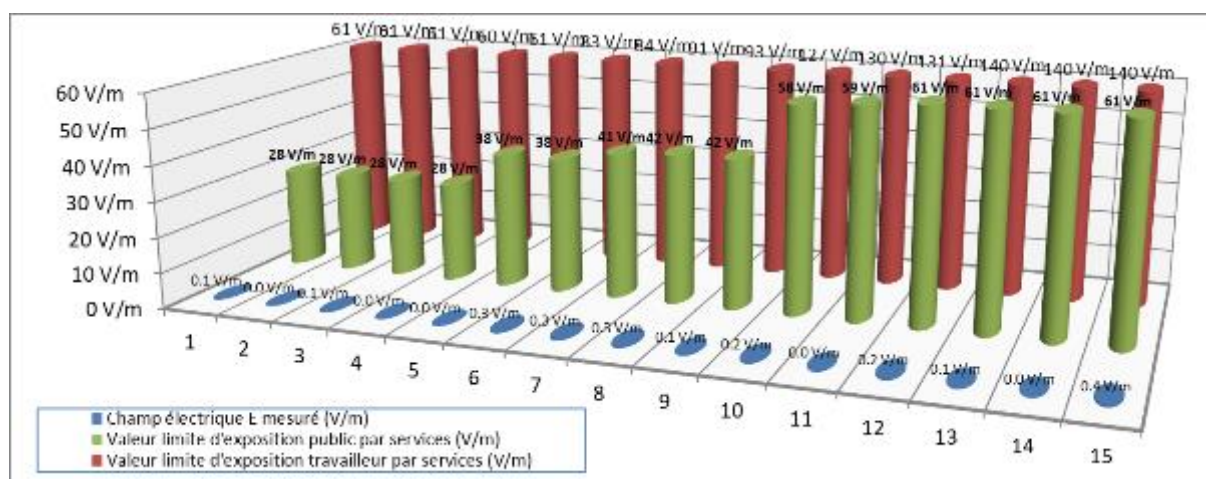


Fig 8. Graphique des valeurs mesurées comparées aux valeurs limites (point 38)

Le tableau suivant présente les émissions significatives spécifiquement mesurées fréquence par fréquence. Chaque émission supérieure au seuil de détection est mesurée, si aucune ne dépasse ce seuil, les deux émissions les plus fortes par services sont mesurées.

Emissions significatives (MHz)	Services	Champ électrique E mesuré (V/m)	Valeur limite d'exposition public** (V/m)	Valeur limite d'exposition travailleur** (V/m)
0.16	Services HF	<0.05	87.00	610.00
0.23	Services HF	<0.05	87.00	610.00
78.00	PMR	<0.05	28.00	61.00
30.62	PMR	<0.05	28.00	61.00
Free 4G	TM 700	0.33	38.48	83.95
Bouygues 4G	TM 700	<0.05	38.29	83.54
TV canal 4	TV	<0.05	28.00	61.00
TV canal 25	TV	<0.05	30.85	67.30
FM Radio FG	RADIODIFFUSION (FM-RNT)	<0.05	28.00	61.00
FM Ado FM	RADIODIFFUSION (FM-RNT)	<0.05	28.00	61.00
428.09	PMR-BALISES-Objets communicants	<0.05	28.45	62.07
116.00	PMR-BALISES-Objets communicants	<0.05	28.00	61.00
Bouygues 4G	TM 800	0.27	38.79	84.64
SFR 4G	TM 800	<0.05	39.04	85.17
Free 3G	TM 900	0.22	42.32	92.34
Bouygues 2G	TM 900	0.11	41.86	91.34
972.00	RADARS – Balises – FH	<0.05	42.87	93.53
994.00	RADARS – Balises – FH	<0.05	43.35	94.58
Free 4G	TM 1800	0.11	59.18	129.12
Bouygues 4G	TM 1800	0.10	59.46	129.73
1885.25	DECT	<0.05	59.70	130.26
1892.00	DECT	<0.05	59.81	130.49
Bouygues 4G	TM 2100	0.10	61.00	140.00
Free 3G	TM 2100	0.09	61.00	140.00
5971.98	RADARS – BLR – FH	<0.05	61.00	140.00
5951.98	RADARS – BLR – FH	<0.05	61.00	140.00
5700.00	RRi (Wifi)	<0.05	61.00	140.00
5660.00	RRi (Wifi)	<0.05	61.00	140.00
Free 4G	TM 2600	0.34	61.00	140.00
Bouygues 4G	TM 2600	0.28	61.00	140.00

Tableau 8: Tableau des évaluations détaillées par émissions mesurées (point 38)

** Les valeurs limites d'exposition du public et des travailleurs varient en fonction de la fréquence d'émission de la source mesurée suivant une formule mathématique établie dans les normes d'exposition. (Décret n°2002-775 et directive 2013/35/UE)

3.3. Mesures répartition verticale

Compte tenu des contraintes de vols en drone sur le site, les mesures pour connaître la répartition verticale du champ sont réalisées sur le pylône d'éclairage présent sur la zone de stockage.

Le plan de localisation du pylône est donné ci-dessous :



Point de mesure répartition verticale

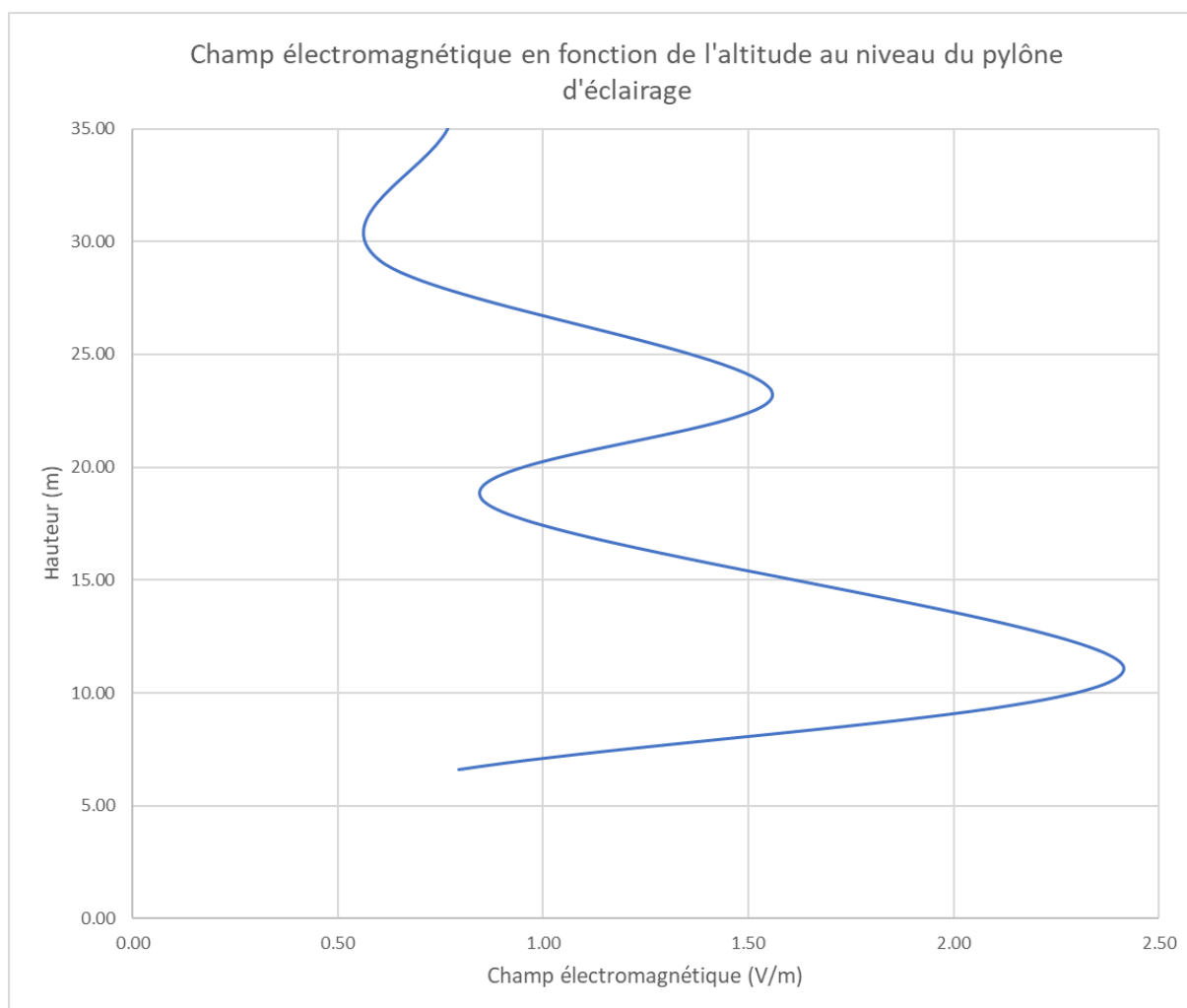


Fig 9. Pylône d'éclairage

Les mesures sont réalisées le 27 juin 2019 entre 6m et 35m sur chaque palier du pylône électrique.

Les résultats de mesures sont donnés ci-dessous :

Numéro palier	Hauteur (m)	Champ mesuré (V/m)
1	6.5m	1.20
2	11.0m	3.241
3	18.5m	1.053
4	23.0m	1.68
5	29.0m	0.71
6	35.0m	0.72



La courbe ci-dessus permet de voir les effets des lobes principaux et secondaires des antennes de téléphonie mobiles dans l'environnement du projet. Sur le point de mesure le lobe principal se trouve à une altitude de 10-12m. Le lobe secondaire, se trouve à une altitude de 23-25m.

Cette mesure de répartition verticale est ensuite utilisée pour paramétrer la simulation Hautes fréquences.

4. SIMULATIONS

4.1. Simulations Hautes fréquences

Les simulations hautes fréquences concernent l'implantation du projet dans l'environnement électromagnétique existant.

Au cours des simulations seront analysés la diffusion radioélectrique des antennes présentes dans la zone projet et leurs impacts sur l'exposition totale au niveau des différents bâtiments du futur projet.

Les futurs bâtiments du projet pouvant accueillir soit du public soit des travailleurs soit les deux, une comparaison aux normes travailleurs et public en vigueur est à chaque fois présentée.

Le décret n°2002-775 du 3 mai 2002 nous donne les valeurs limites d'expositions du public.

Le décret n°2016-1074 transposant le texte de référence Directive 2013/35/UE du parlement européen et du conseil du 26 juin 2013 nous donne les valeurs limites d'expositions des travailleurs.

4.1.1. Aperçu de l'environnement

L'aperçu général du site de la simulation ZAC Charenton Bercy avec l'emplacement des émetteurs et des bâtiments du projet est présenté ci-dessous :

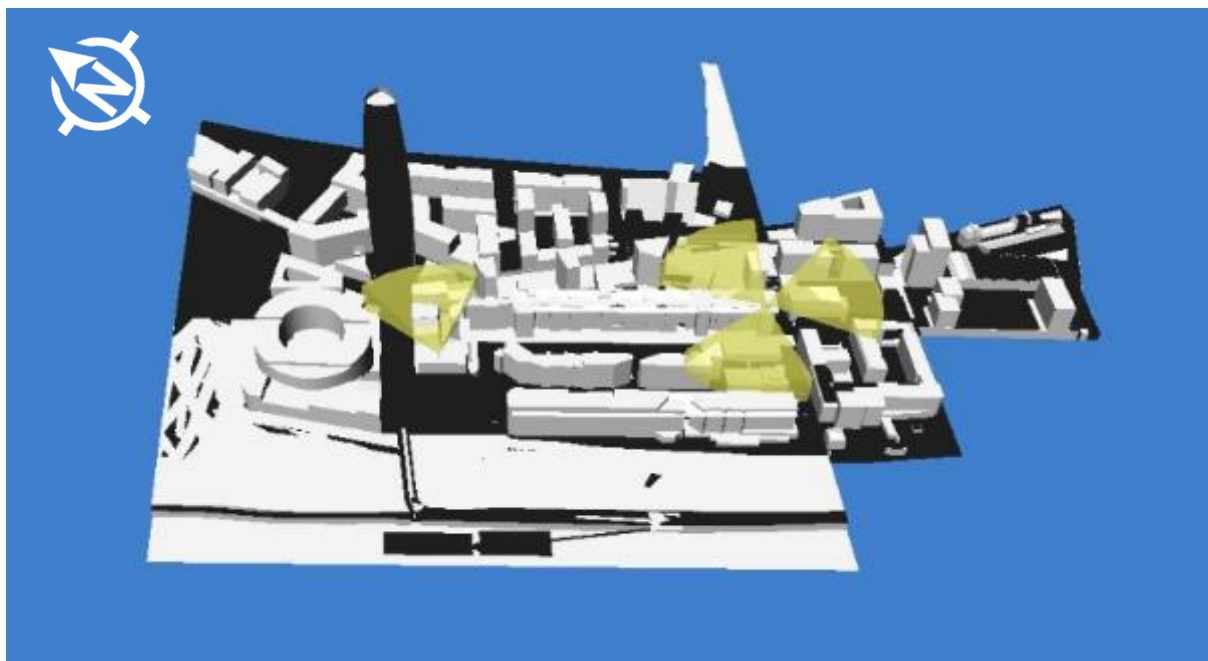


Fig 10. 3D du projet ZAC Charenton Bercy

Les cônes jaunes correspondent aux directions des lobes de rayonnements de l'antenne avec leur tilts (orientation verticale du lobe de rayonnement) et azimuts (orientation horizontale du lobe de rayonnement)

4.1.2. Simulation générale sur l'ensemble du site

La photo ci-dessous présente le champ simulé par les antennes existantes sur les futurs bâtiments du projet à 1m50 du sol :

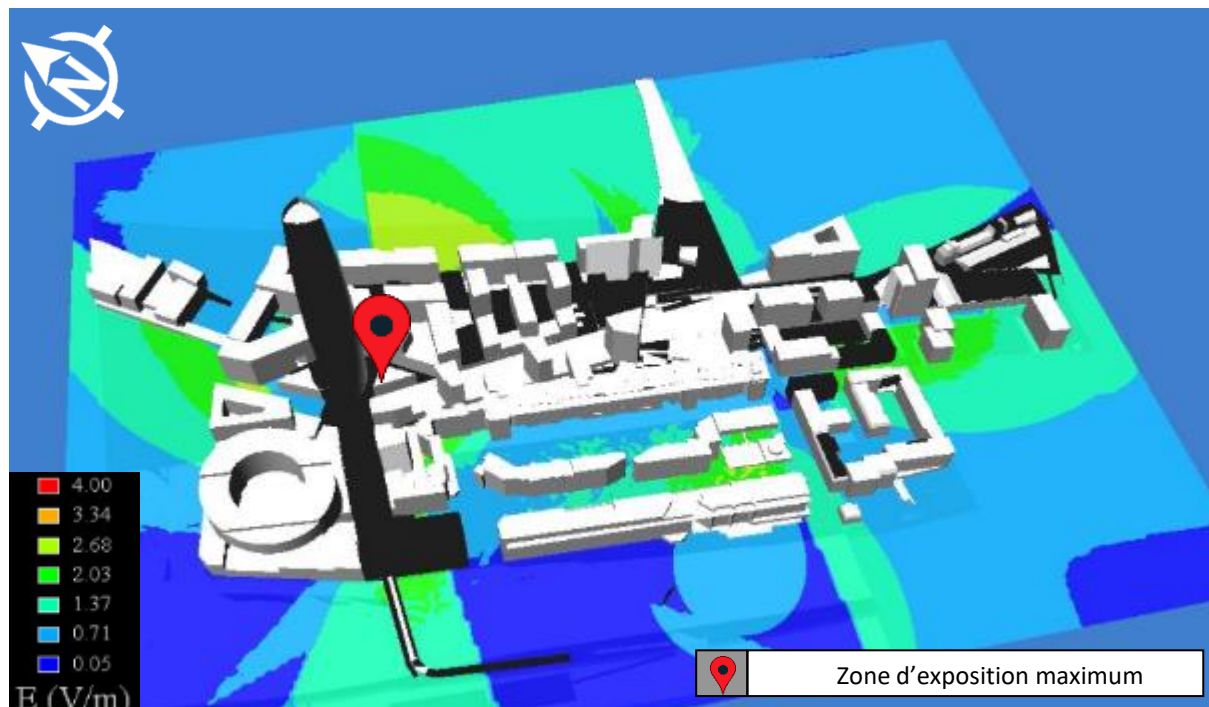


Fig 11. Simulation générale sur l'ensemble du site

Le champ maximal simulé sur le site du projet ZAC Charenton Bercy à une hauteur de 1m50 est de **4.5V/m** soit 8 fois en dessous des valeurs limites d'exposition du public (38 V/m*) données par le décret n°2002-775 et 18 fois en dessous des valeurs limites d'expositions des travailleurs (83 V/m*) données par le décret n°2016-1074.

La zone d'exposition maximale se trouve au pied de la tour.

**Valeur limite lorsque de la TM 700 est présente*

Les effets de la végétation ne sont pas pris en compte dans la simulation.

4.1.3. Cas particuliers

La simulation des émetteurs hautes fréquences existantes sur les futurs bâtiments associée à notre expérience permet de mettre en évidence des bâtiments du projet contraignants au niveaux exposition des personnes ainsi qu'au niveau couverture opérateur.

Ci-dessous sont présentées deux zones problématiques :

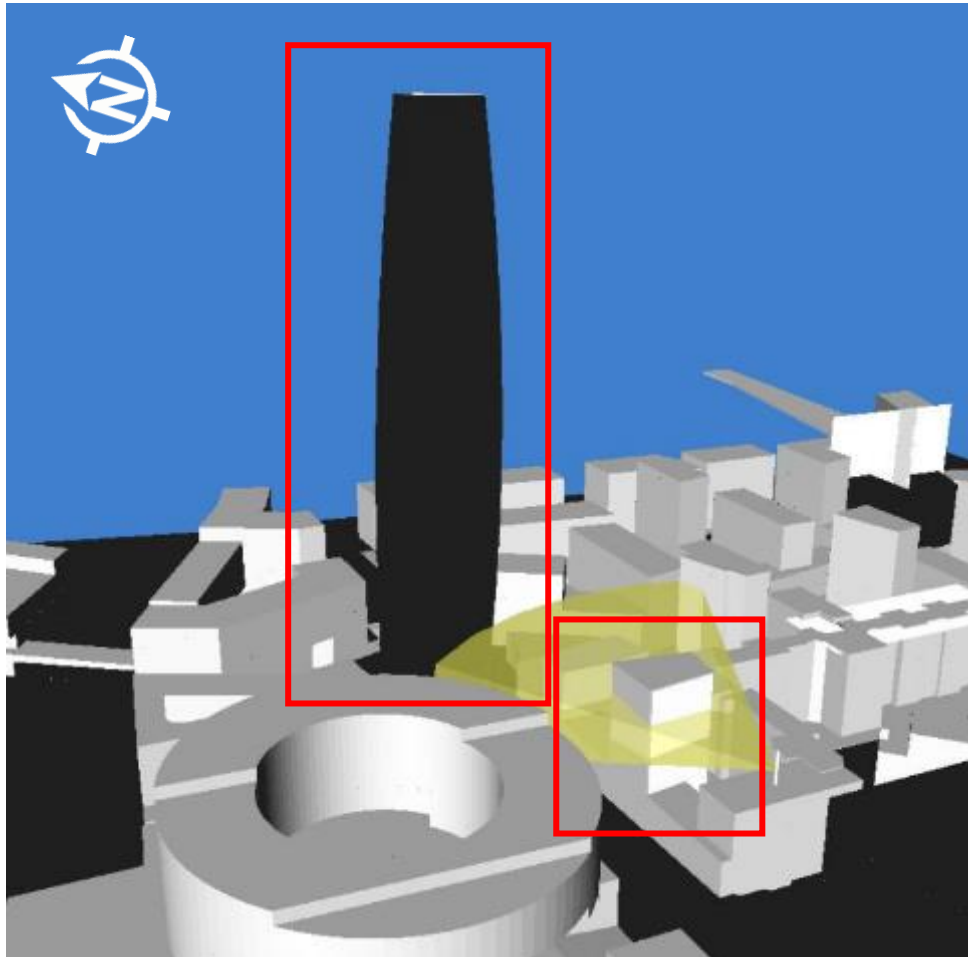


Fig 12. *Première zone particulière*

Sur l'image ci-dessus, nous pouvons voir que le lobe principal de rayonnement de l'antenne est dirigé vers un bâtiment et vers la tour. La distance entre le bâtiment et l'antenne est faible. Les champs électromagnétiques engendrés par l'antenne au niveau du futur bâtiment seront élevés. La couverture réseau de l'antenne sera également moins bonne après construction du bâtiment.

Le bâtiment permet de limiter les effets sur la tour. S'il est décidé d'enlever le bâtiment proche de l'antenne, le problème serait reporté sur la tour.

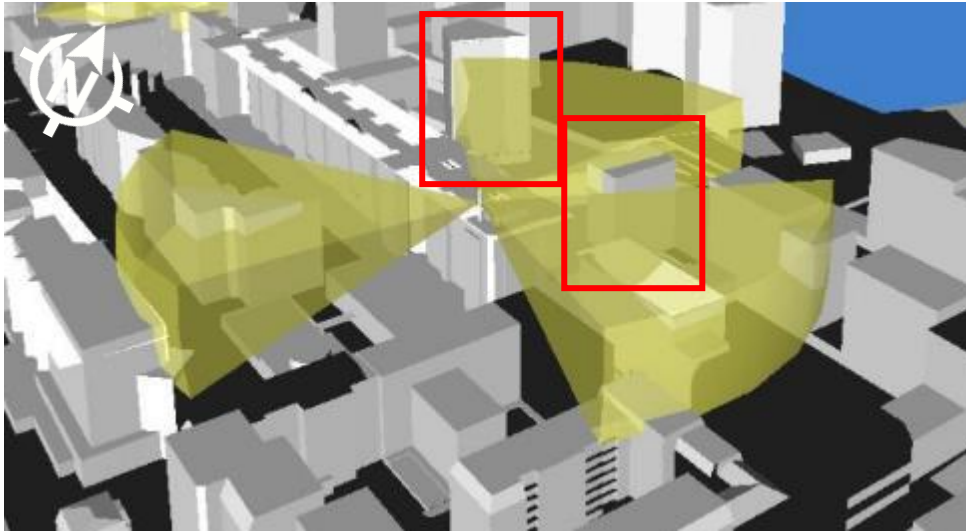


Fig 13. *Deuxième zone particulière*

Sur l'image ci-dessus, nous pouvons voir que les lobes principaux des antennes sont également dirigés vers des bâtiments du futur projet. La distance entre les bâtiments et les antennes est un peu plus grand que pour le cas présenté précédemment.

Des simulations complémentaires sur les bâtiments encadrés en rouges sont effectuées sur le plan vertical afin de voir les effets des antennes sur ces bâtiments.

D'un point de vue réglementaire, il n'y a pas de contres indications dans le positionnement relatif par rapport aux antennes de téléphonie mobile existantes. Il est conseillé de prévenir l'opérateur afin que celui-ci puisse réaliser une étude de couverture afin de déplacer les émetteurs le cas échéant. Des mesures dans les futurs bâtiments seront nécessaires afin de vérifier l'exposition des personnes présentes en face des antennes.

4.1.4. Simulations spécifiques

Les images ci-dessous présentent le champ simulé sur les bâtiments cités précédemment :



L'échelle des résultats utilisée est différente pour l'ensemble des bâtiments afin de visualiser plus facilement les résultats.

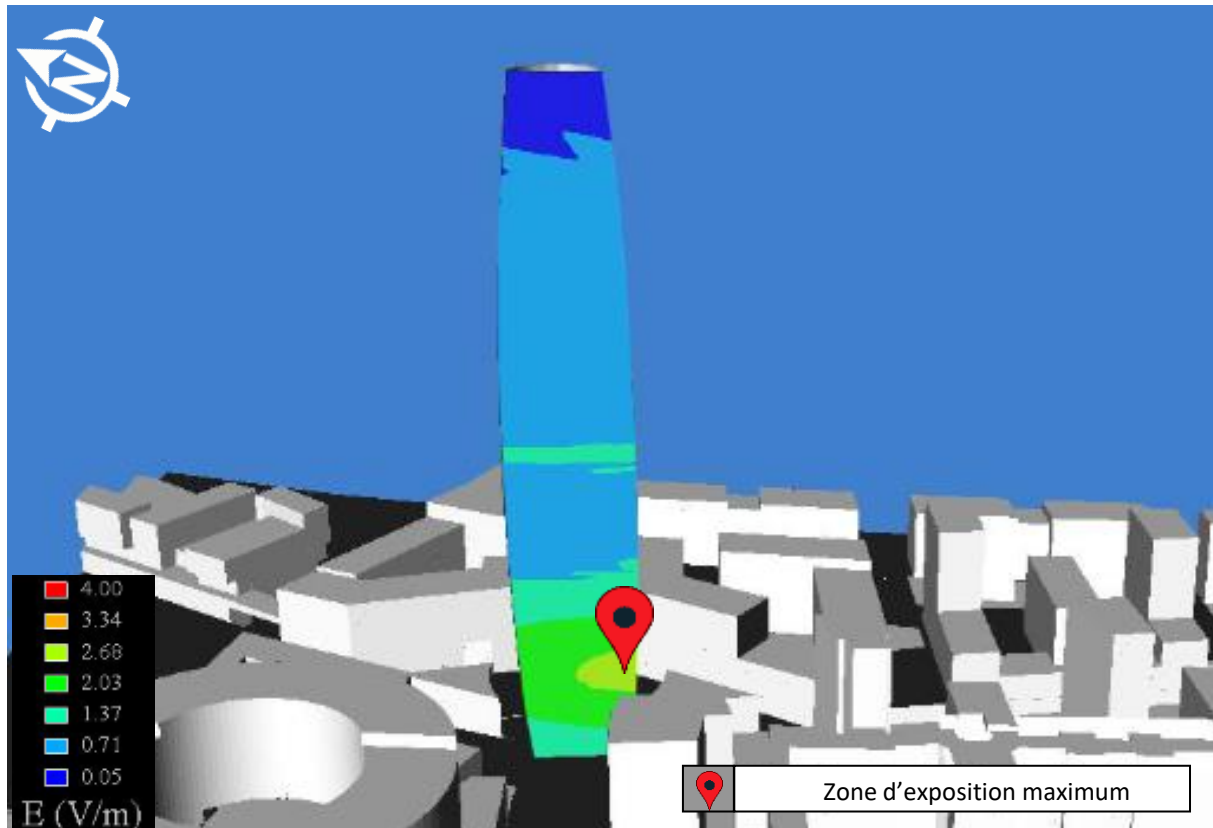


Fig 14. Champ électromagnétique simulé sur la tour

Le champ maximal simulé au niveau de la tour est de **3 V/m** soit 13 fois en dessous des valeurs limites d'exposition du public (39 V/m*) données par le décret n°2002-775 et 28 fois en dessous des valeurs limites d'expositions des travailleurs (85 V/m*) données par le décret n°2016-1074

La zone d'exposition maximale se trouve au niveau des étages à hauteur de l'antenne (30-40m) ce qui correspond approximativement aux étages du R+9 au R+14 .

**Valeur limite lorsque de la TM 800 est présente*

Les effets de la végétation ne sont pas pris en compte dans la simulation.

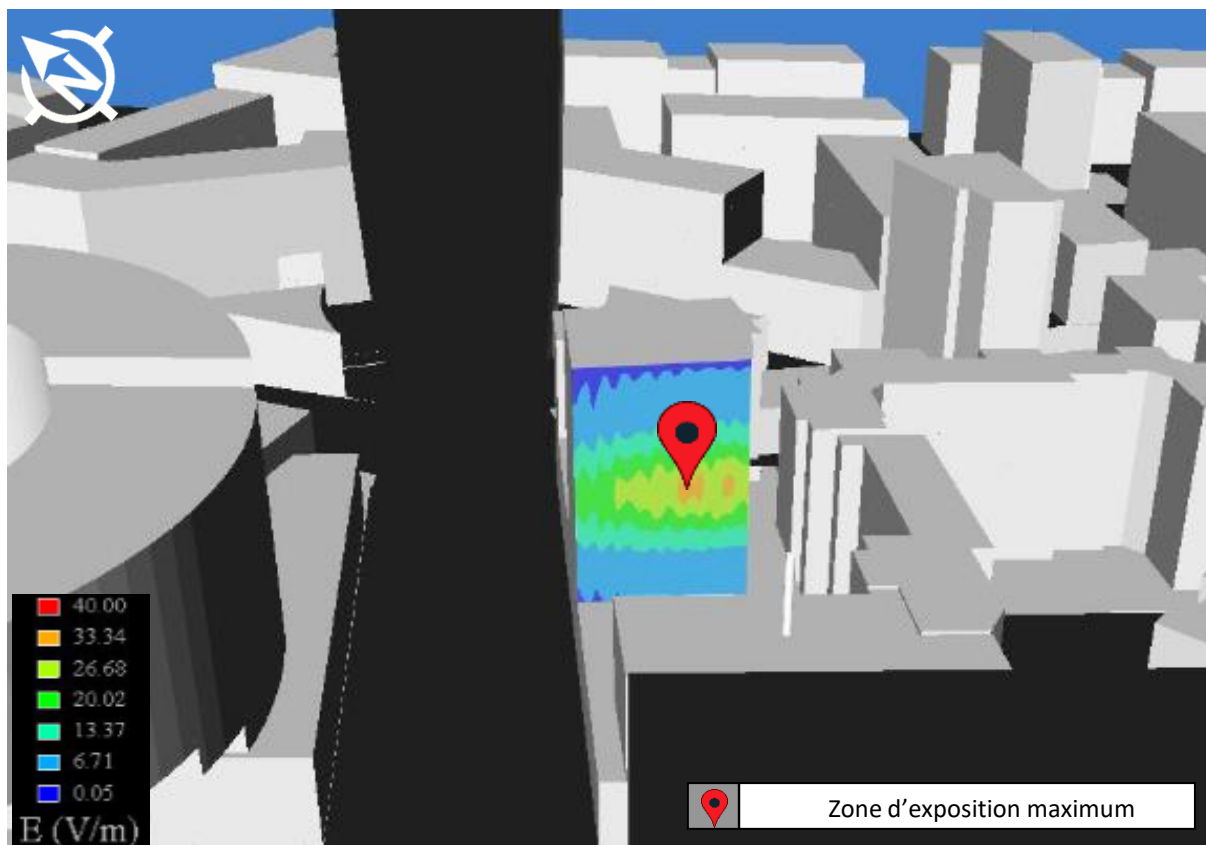


Fig 15. Champ électromagnétique simulé sur le bâtiment 1

Le champ maximal simulé au niveau du bâtiment 1 est de **35 V/m** soit juste en dessous des valeurs limites d'exposition du public (39 V/m*) données par le décret n°2002-775 et 2 fois en dessous des valeurs limites d'expositions des travailleurs (85 V/m*) données par le décret n°2016-1074

La zone d'exposition maximale se trouve au niveau des étages à hauteur de l'antenne (30-40m).

**Valeur limite lorsque de la TM 800 est présente*

Les effets de la végétation ne sont pas pris en compte dans la simulation.



Fig 16. Champ électromagnétique simulé sur le bâtiment 2

Le champ maximal simulé au niveau du bâtiment 2 est de **6.5 V/m** soit 6 fois en dessous des valeurs limites d'exposition du public (38 V/m*) données par le décret n°2002-775 et 13 fois en dessous des valeurs limites d'expositions des travailleurs (83 V/m*) données par le décret n°2016-1074

La zone d'exposition maximale se trouve au niveau des étages à hauteur de l'antenne (35-40m).

**Valeur limite lorsque de la TM 700 est présente*

Les effets de la végétation ne sont pas pris en compte dans la simulation.



Fig 17. Champ électromagnétique simulé sur le bâtiment 3

Le champ maximal simulé au niveau du bâtiment 3 est de **12 V/m** soit 3 fois en dessous des valeurs limites d'exposition du public (38 V/m*) données par le décret n°2002-775 et 7 fois en dessous des valeurs limites d'expositions des travailleurs (83 V/m*) données par le décret n°2016-1074

La zone d'exposition maximale se trouve au niveau des étages à hauteur de l'antenne sur le coin ouest du bâtiment (35-40m).

**Valeur limite lorsque de la TM 700 est présente*

Les effets de la végétation ne sont pas pris en compte dans la simulation.

4.1.5. Analyse des résultats et conclusion simulation Hautes fréquences

4.1.5.1. Analyse

Les comparaisons du champ électromagnétique sur les différentes simulations avec les valeurs limites d'expositions des deux décrets sont données ci-dessous :

Simulation	Champ maximal simulé	Comparaison aux valeurs limites d'expositions du décret n°2002-775 (public)	Comparaison aux valeurs limites d'expositions du décret n°2016-1074 (travailleur)
Générale (1.5m du sol)	4.5 V/m	8 fois en dessous	18 fois en dessous
Tour	3 V/m	13 fois en dessous	28 fois en dessous
Bâtiment 1	35 V/m	juste en dessous	2 fois en dessous
Bâtiment 2	6.5 V/m	6 fois en dessous	13 fois en dessous
Bâtiment 3	12 V/m	3 fois en dessous	7 fois en dessous

4.1.5.2. Conclusion simulations Hautes fréquences

Les simulations mettent en évidence les niveaux d'expositions induit par les émetteurs présents sur le site. Des cas d'attention particuliers sont également mis en avant avec notamment la construction de bâtiment face à un émetteur téléphonique.

Les niveaux d'expositions dans ces bâtiments sont élevés pouvant même être proches des valeurs limites d'exposition du public données par le décret n°2002-775.

Il est conseillé de se rapprocher de l'opérateur pour anticiper un changement de positionnement ou d'azimut des émetteurs en question.

Les opérateurs en question sont Orange et SFR pour l'émetteur au niveau de la tour et Free pour le deuxième cas particulier.

4.2. Simulation Basses fréquences

Les mesures in situ basses fréquences permettent de connaître l'exposition du site existant. La phase d'étude simulation permet de projeter les données collectées sur le projet.

La simulation permet de connaître le champ induit dans les futurs bâtiments présents au-dessus des lignes de chemin de fer.

Le 3D fourni par INGEROP est réduit pour réaliser l'étude sur les bâtiments présents au-dessus des lignes de chemin de fer.

La partie du 3D utilisé est présenté ci-dessous :

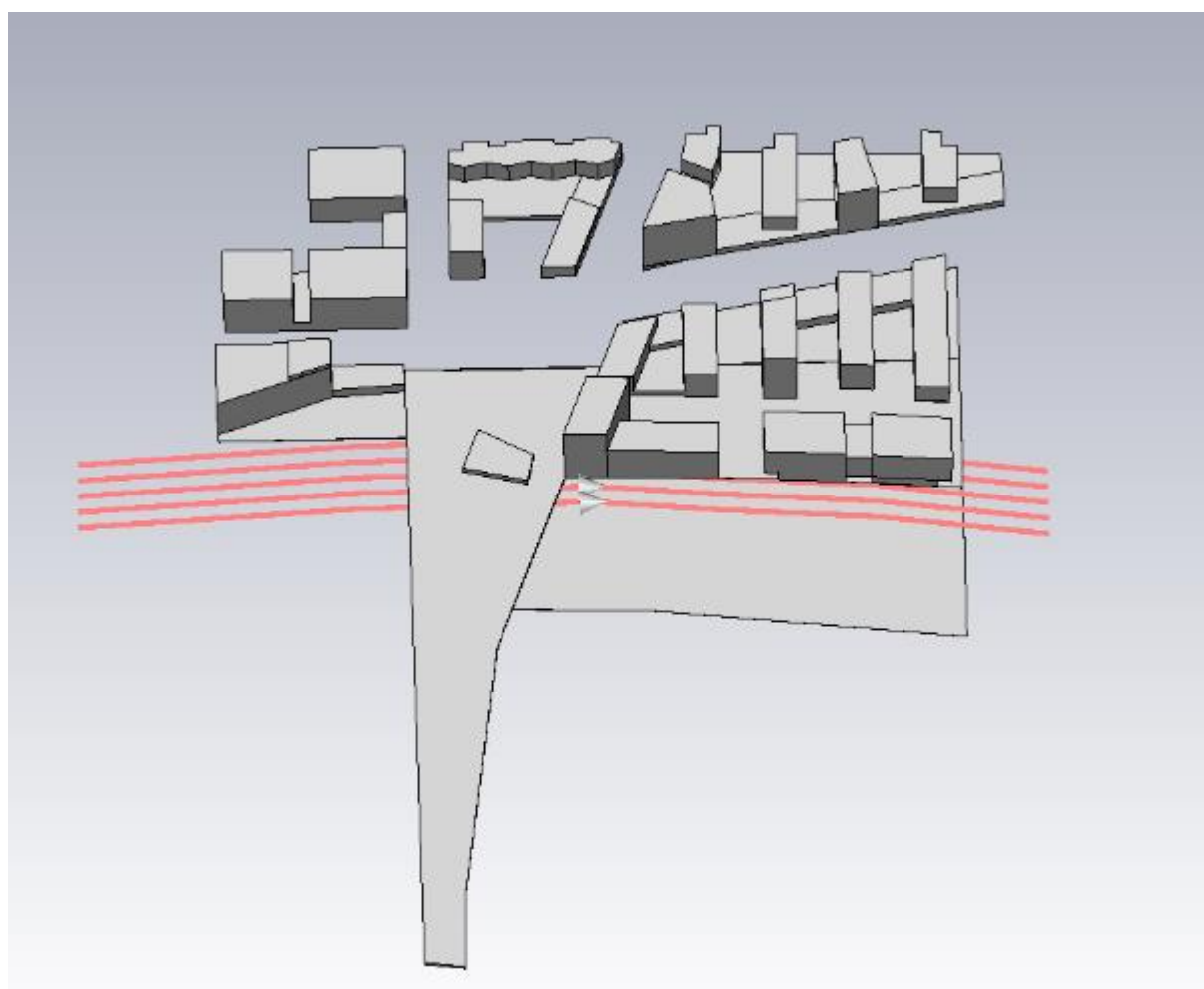


Fig 18. 3D du projet

Un train est alimenté par une caténaire. Celle-ci est composée d'un câble de contact servant à alimenter le train et d'un câble porteur servant à supporter le câble de contact. Ces deux câbles sont reliés entre eux par des pendules métalliques. Le courant présent dans le câble de contact peut donc transiter en partie dans le câble porteur par l'intermédiaire des pendules.

Les deux câbles (porteur et de contact) sont représentés dans la simulation.

Trois voies SNCF sous les bâtiments ainsi que les deux voies les plus proches de ceux-ci sont représentées dans la simulation.

N'ayant pas obtenues d'information sur les caractéristiques techniques des lignes de chemin de fer, des données forfaitaires sont prises pour la simulation.

L'ampérage pris en hypothèse transitant dans les câbles est de 670A avec une répartition de 40% dans le câble porteur (268A) et 60% dans le câble de contact (402A).

Cette clef de répartition provient d'études similaires précédentes ayant été réalisées conjointement avec la SNCF.

Le courant devant circuler dans le câble de contact passe naturellement en partie dans le câble porteur, ces deux câbles étant reliés par des pendules conducteurs.

Les résultats de simulations sont donnés en A/m. La relation pour passer de μT à A/m est **$1\text{A/m}=1.25\mu\text{T}$** .

Les résultats de simulation donnés ci-dessous concernent le cas le plus contraignant lorsque l'ampérage transitant dans la caténaire est le maximum possible (670A).

Compte tenu des différents niveaux de sol des différents bâtiments du projet, plusieurs plans de champ magnétiques sont donnés à une hauteur de 1.5m du sol du bâtiment observé. Ces bâtiments sont entourés en rouge sur les screens.

Seul le champ magnétique est étudié dans la partie Basse fréquence. Le champ électrique est constant, quel que soit le trafic de la ligne et faible compte tenu de la tension basse d'alimentation de 25 kV, tandis que le champ magnétique varie en fonction du type de train, de la vitesse du train ou du chargement.

4.2.1. Résultats de simulation BF

Les résultats des simulations au niveau des étages bas des bâtiments du projet présent au-dessus des voies de chemin de fer ainsi qu'au niveau de la passerelle sont donnés ci-dessous :

Les résultats sont donnés à 1.5m du sol de la passerelle ou de chaque niveau des bâtiments du projet.

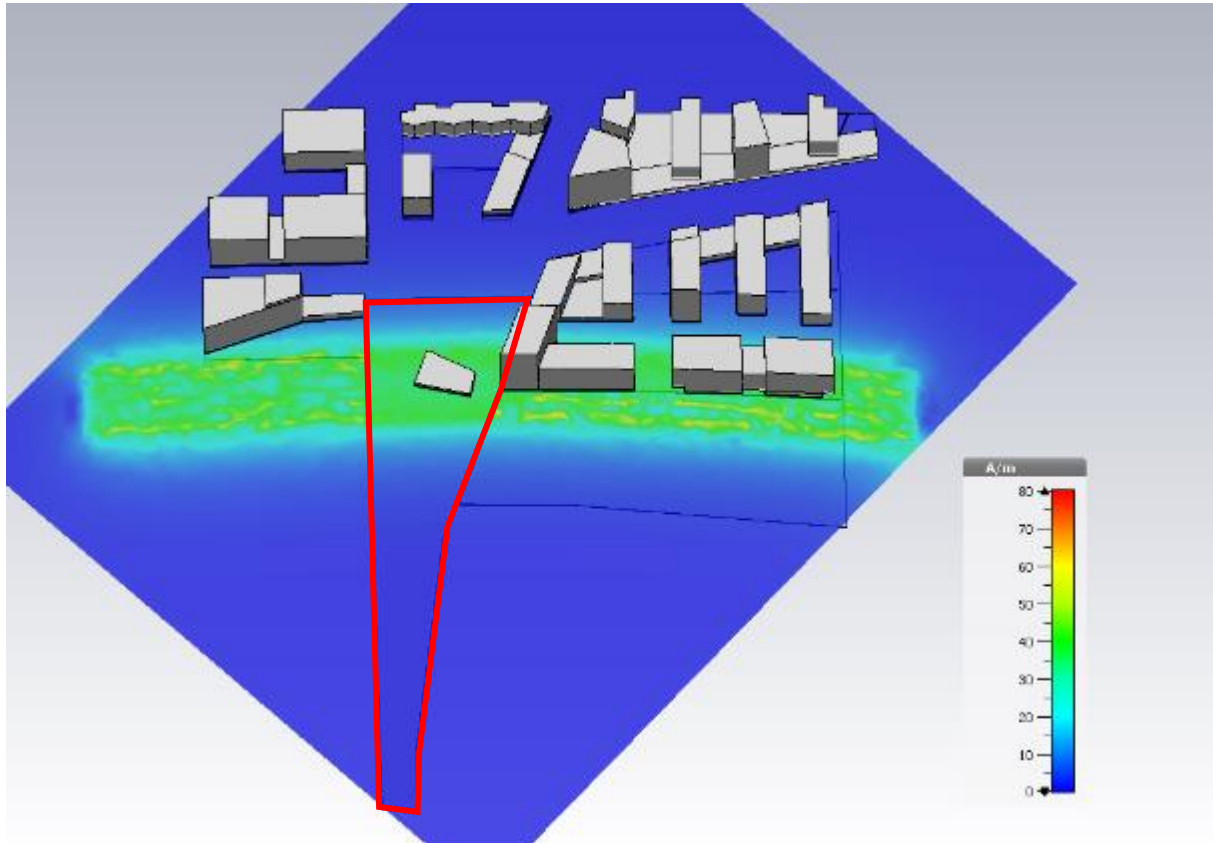


Fig 19. Plan de champ magnétique au niveau de la passerelle

Le champ maximal relevé à 1.5m du sol au niveau de la passerelle est de 41 A/m soit 2 fois en dessous des valeurs limites d'exposition du public (80 A/m) données par le décret n°2002-775 et 20 fois en dessous des valeurs limites d'expositions des travailleurs (800 A/m) données par le décret n°2016-1074

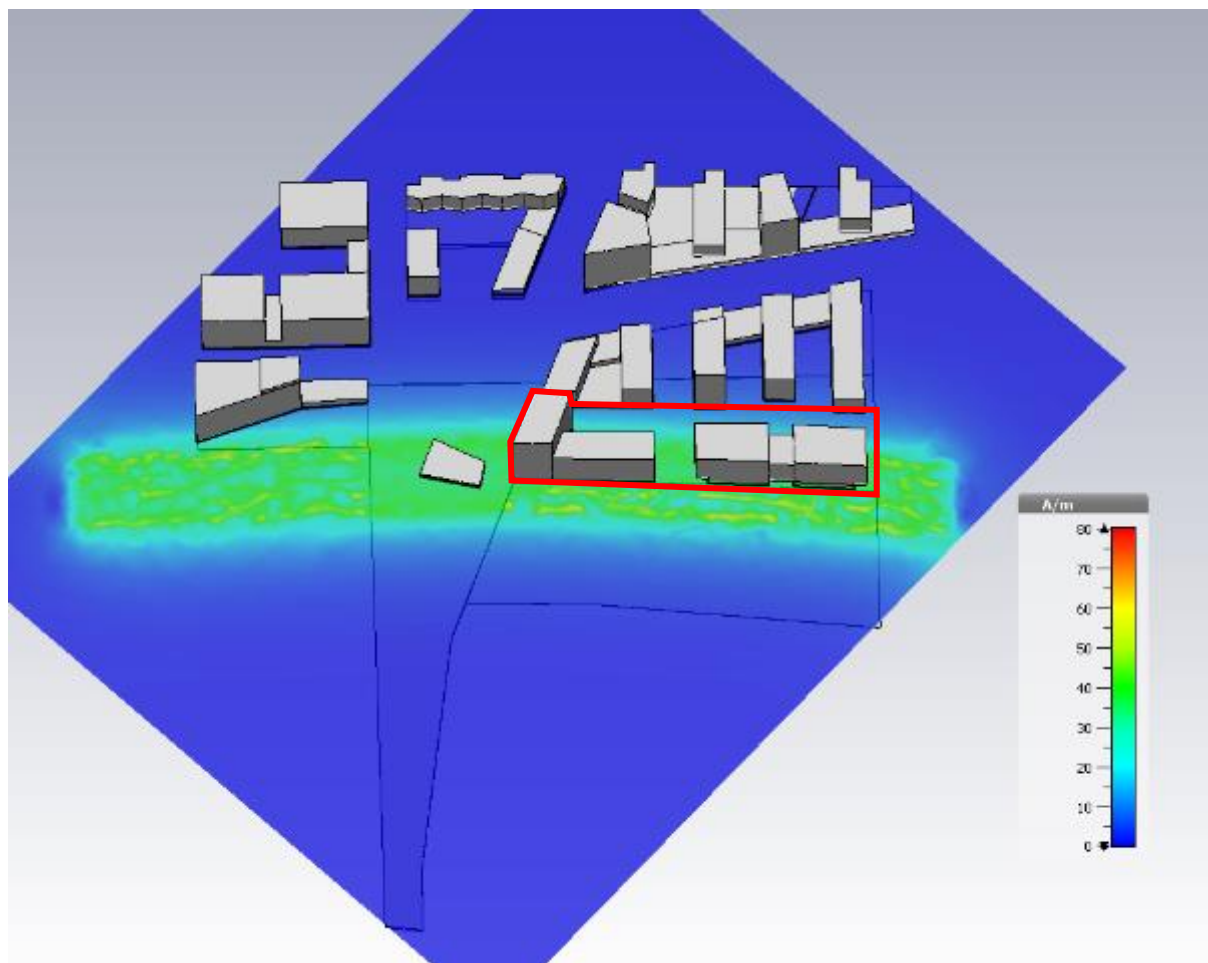


Fig 20. Plan de champ magnétique au niveau du RDC des bâtiments au-dessus des voies

Le champ maximal relevé à 1.5m du sol au niveau du RDC des bâtiments présents au-dessus des voies est de 45 A/m soit 2 fois en dessous des valeurs limites d'exposition du public (80 A/m) données par le décret n°2002-775 et 20 fois en dessous des valeurs limites d'expositions des travailleurs (800 A/m) données par le décret n°2016-1074

La répartition du champ sur les différents étages des bâtiments présent au-dessus des voies est donnée ci-dessous :

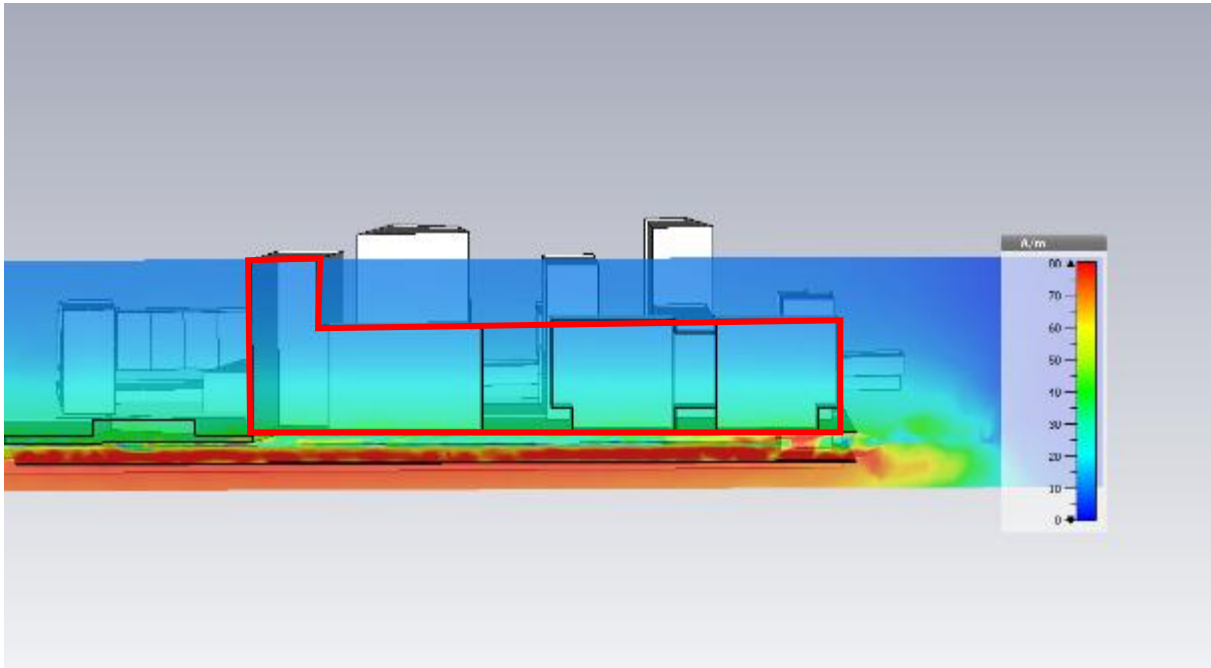


Fig 21. Plan de champ vertical au niveau de la façade des bâtiments au-dessus des voies

Le champ maximal relevé dans les étages des bâtiments présents au-dessus des voies de chemin de fer est de 45 A/m soit 2 fois en dessous des valeurs limites d'exposition du public (80 A/m) données par le décret n°2002-775 et 20 fois en dessous des valeurs limites d'expositions des travailleurs (800 A/m) données par le décret n°2016-1074

Le champ magnétique induit par les lignes de chemin de fer est élevé au niveau du RDC des bâtiments présent au-dessus ainsi qu'au niveau de la passerelle et décroît rapidement lorsque l'on monte dans les niveaux.

Les résultats de simulation donnés ci-dessus concernent le cas le plus contraignant lorsque l'ampérage transitant dans la caténaire est le maximum possible (670A).

4.2.1.1. Résultats de simulation BF au niveau des établissements sensibles

L'instruction du 15 avril 2013 montre que depuis le début des années 2000, des études épidémiologiques ont dévoilé des associations statistiques entre l'exposition aux champs magnétiques de très basses fréquences et certaines pathologies (leucémie chez l'enfant, maladie d'Alzheimer, etc.).

Cependant, cette corrélation statistique n'a pu être interprétée par aucun lien de cause à effet, les études menées sur les animaux et celles menées « in vitro » sur des systèmes cellulaires n'ayant mis en évidence aucun mécanisme d'action, ni même d'augmentation de risque d'effet biologique lié à des niveaux croissant d'exposition.

Ces incertitudes ont amené le centre international de recherche sur le cancer à classer les champs magnétiques de très basses fréquences (50-60Hz) dans le groupe 2B : « peut être cancérigène pour l'homme ».

L'instruction, relative à l'urbanisme à proximité des lignes de transport d'électricité, recommande donc aux gestionnaires d'établissements et aux autorités compétentes en matière d'urbanisme de ne pas implanter de nouveaux établissements sensibles (crèches, écoles, maisons de retraite, hôpitaux, etc.) dans des zones exposées à un champ magnétique supérieur à **1 μ T soit 0.8A/m**.

Deux établissements sensibles (un groupe scolaire et une crèche) sont présents dans le projet de la ZAC Charenton Bercy.

Les résultats de simulations au niveau des établissements sensibles sont donnés ci-dessous :

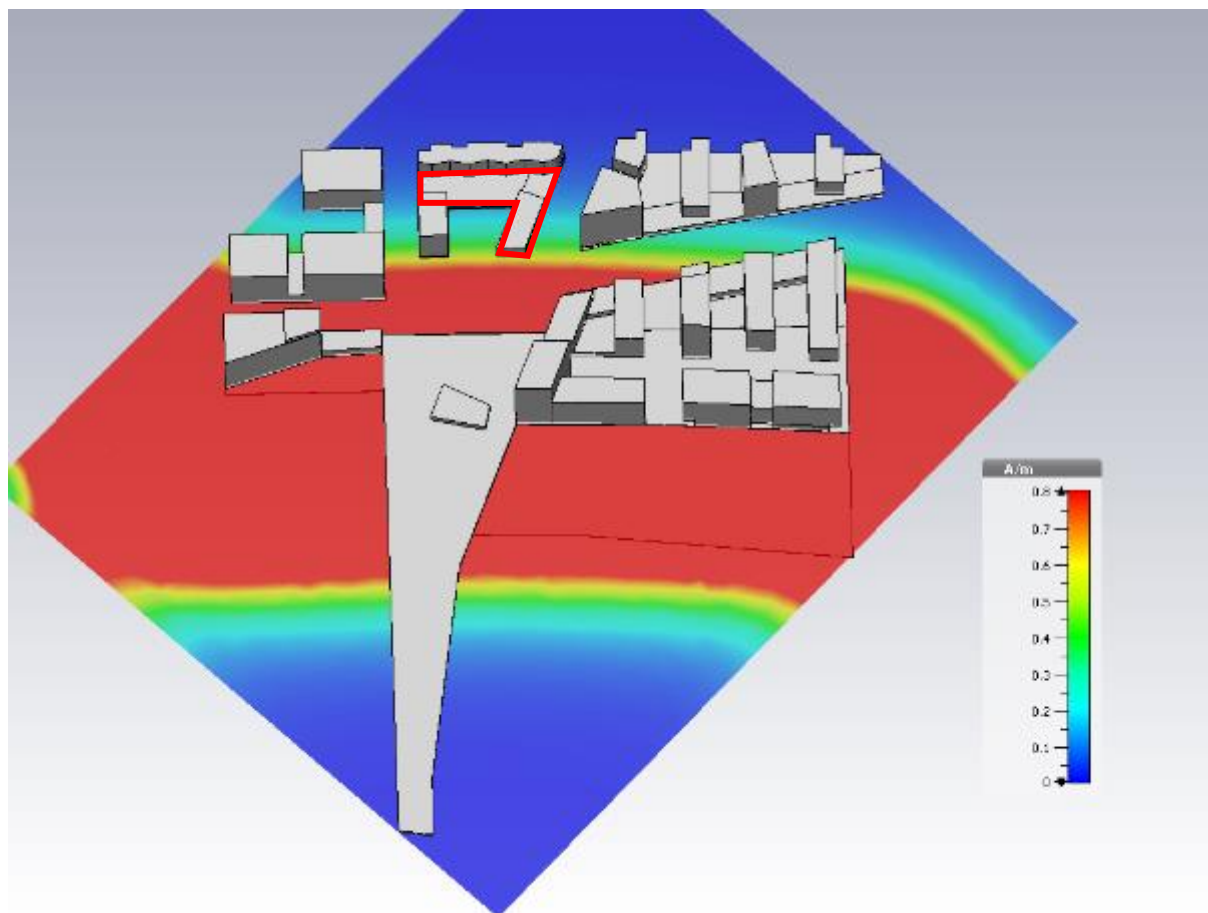


Fig 22. Plan de champ magnétique au niveau du groupe scolaire

Le champ maximal relevé au niveau du groupe scolaire est de 0.5 A/m soit 160 fois en dessous des valeurs limites d'exposition du public (80 A/m) données par le décret n°2002-775 et 1600 fois en dessous des valeurs limites d'expositions des travailleurs (800 A/m) données par le décret n°2016-1074.

Le champ maximal relevé au niveau de la crèche est 1.6 fois en dessous de la préconisation de l'instruction du 15 avril 2013.

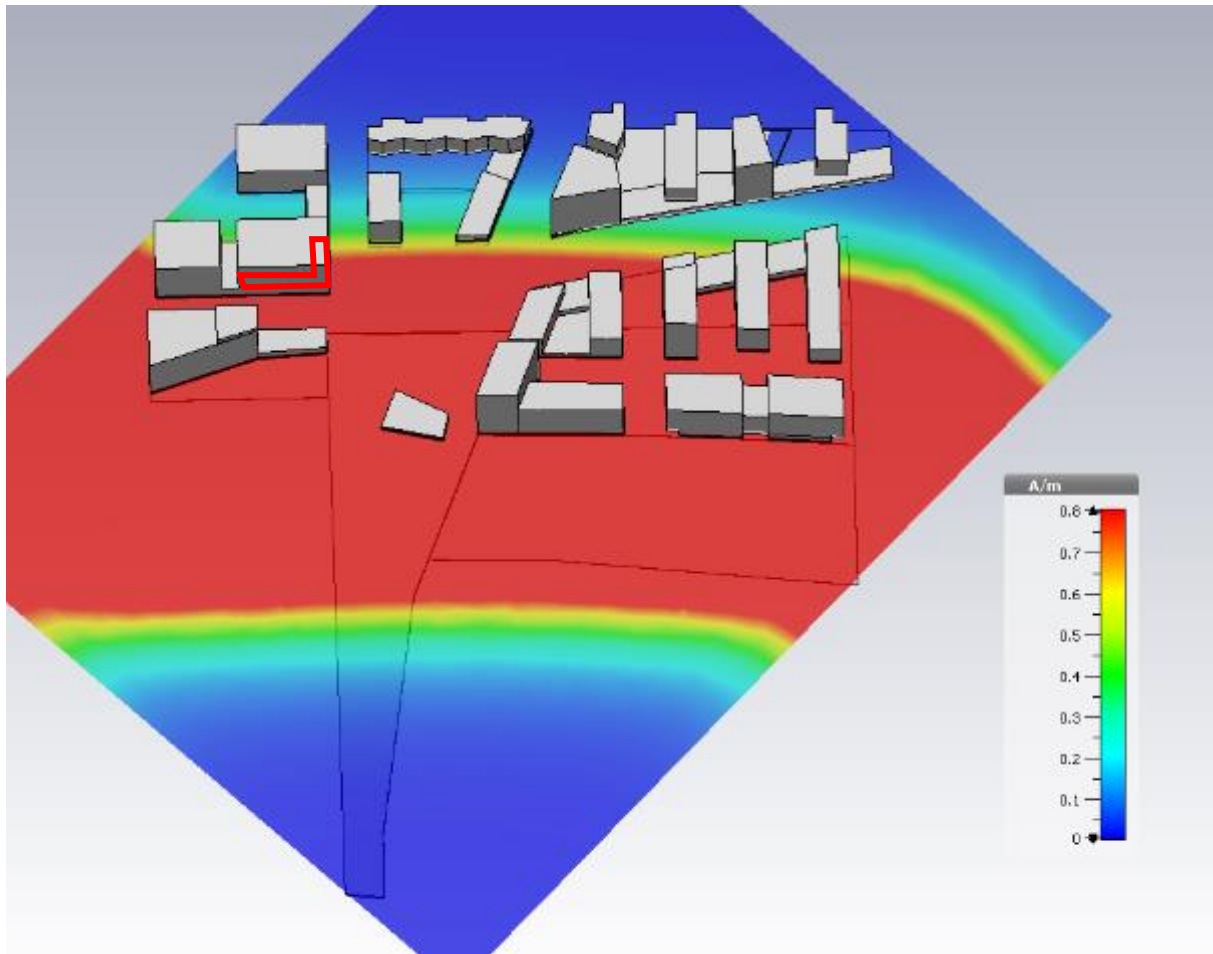


Fig 23. Plan de champ magnétique au niveau de la crèche

Le champ maximal relevé au niveau du groupe scolaire est de 1.7 A/m soit 47 fois en dessous des valeurs limites d'exposition du public (80 A/m) données par le décret n°2002-775 et 470 fois en dessous des valeurs limites d'expositions des travailleurs (800 A/m) données par le décret n°2016-1074.

Le champ maximal relevé au niveau de la crèche est 2.1 fois au-dessus de la préconisation de l'instruction du 15 avril 2013.

Les résultats de simulation donnés ci-dessus concernent le cas le plus contraignant lorsque l'ampérage transitant dans la caténaire est le maximum possible (670A).

5. CONCLUSION

Les mesures réalisées sur le site du projet ZAC Charenton Bercy montrent une exposition faible aux rayonnements Basses fréquences.

L'exposition aux rayonnements Hautes fréquences est plus impactante avec un nombre important d'émetteurs de téléphonie proche du site et souvent en vue direct de la parcelle.

Au terme de cette phase de mesure, il apparaît qu'aucune émission induite par les émetteurs Basses fréquences et les émetteurs Hautes fréquence ne dépasse les seuils fixés par le décret n°2002-775 du 3 mai 2002 et de la directive 2013/35/UE du 26 juin 2013.

Les mesures réalisées sur l'ensemble du site servent de données d'entrées pour la phase de simulation et projection projet.

Les simulations Hautes fréquences mettent en évidence des zones d'attention sur des bâtiments projet dont l'implantation est prévue en face et proche d'antenne de téléphonie mobile. Deux points d'intérêts en ressortent.

Le premier sur l'exposition des personnes, les habitants des immeubles au niveau des étages à hauteur des antennes seront exposés à des champs électromagnétiques élevés se rapprochant des limites réglementaires.

Ensuite, au niveau couverture opérateur, les futurs bâtiments peuvent modifier fortement et/ou empêcher la couverture réseau initiale de l'antenne.

D'un point de vue réglementaire, il n'y a pas de contre-indications dans la position des bâtiments. Il est toutefois conseillé de prévenir l'opérateur afin que celui-ci puisse réaliser une étude de couverture afin de déplacer/modifier les émetteurs le cas échéant.

Cette modification par l'opérateur peut également supprimer les cas possible d'exposition élevée dans certains étages des bâtiments projet.

Des mesures dans les futurs bâtiments seront nécessaires afin de vérifier l'exposition des personnes présentes en face des antennes après construction.

N'ayant pas d'information sur les données des lignes SNCF, des données forfaitaires sont prises pour les simulations Basses fréquences sur les lignes de chemin de fer.

La décroissance de champ est rapide à mesure que l'on s'éloigne des lignes. Les valeurs limites d'exposition public et travailleur sont respectées dans les bâtiments projets et au niveau de la passerelle (*avec les hypothèses prises dans cette étude*)

Un groupe scolaire et une crèche sont également présents à proximité des voies de chemin de fer. L'instruction du 15 avril 2013, relative à l'urbanisme à proximité des lignes de transport d'électricité, recommande aux gestionnaires d'établissements et aux autorités compétentes en matière

d'urbanisme de ne pas implanter de nouveaux établissements sensibles (crèche, écoles, maisons de retraites, etc.) dans des zones exposées à un champ magnétique supérieur à 0.8A/m. Ce niveau spécifique est contraignant.

Les niveaux de champ magnétique au niveau du groupe scolaire sont en dessous de cette recommandation.

Les niveaux de champ magnétique au niveau de la crèche sont au-dessus de cette recommandation

Avec les hypothèses prises pour la simulation Basses fréquences, nous dépassons légèrement les valeurs de champs magnétiques recommandées par l'instruction du 15 avril 2013.

A ce stade, plusieurs suites sont possibles.

- S'il existe un second site potentiel d'intégration de la crèche plus éloigné de la ligne, il conviendrait d'en étudier l'exposition ;
- Refaire une simulation de champ avec les données réelles d'ampérage à récupérer auprès de la SNCF ;
- Réaliser une mesure de champ longue durée sur une semaine ou plus pour refaire une simulation de champ avec des données réelles d'utilisation que l'on considérera non pas comme un cas majorant mais comme un cas représentatif de l'exposition quotidienne réelle ;
- Etudier les possibilités de blindage du local crèche ; solution locale et potentiellement couteuse suivant la surface à isoler.

Ces éléments de conclusion permettent d'identifier les deux points d'intérêts électromagnétique à traiter dans ce projet d'aménagement.

6. ANNEXES

6.1. Annexe 1 : Généralités *

La mesure de champs électromagnétiques

La mesure de champs électromagnétiques permet de faire un bilan à l'instant t de l'exposition des personnes.

Les résultats de mesures de champs électromagnétiques peuvent être comparés aux normes en vigueur concernant l'exposition du public ou bien l'exposition des travailleurs.

Ces mesures ont pour but de quantifier l'exposition des personnes aux ondes électromagnétiques, les points de mesures sont ainsi choisis dans des lieux de vie, de travail ou de passage de personnes. Ces mesures se font ainsi, indifféremment en intérieur, en extérieur. Au travail, chez soi, dans les lieux publics et privés, dans la rue.

La mesure présente dans ce rapport est une mesure basique permettant de vérifier de manière générale les niveaux de champ émis. Suivant les demandes, et les émetteurs présents sur le site, des mesures plus spécifiques peuvent être faites, pour quantifier au mieux les rayonnements induits.

Le champ électromagnétique

Le champ électromagnétique peut être naturel ou créé par l'homme.

Toutes les communications par ondes utilisent les champs électromagnétiques. Se propageant à la vitesse de la lumière ces ondes ont des caractéristiques différentes suivant leur fréquence. La fréquence d'une onde est fixe et correspond à son identité propre, les émetteurs et les récepteurs des différents réseaux, (téléphonie, radio FM, antennes des services de secours), sont fabriqués de manière à fonctionner avec une fréquence définie.

Ces ondes ont des réactions différentes avec les obstacles qu'elles rencontrent suivant leur fréquence. De manière générale, des ondes basses fréquences comme la radio FM vont très bien traverser les murs, à l'inverse des ondes hautes fréquences comme le Wifi qui vont être fortement atténuées à la traversée d'un mur.

Le champ électromagnétique est composé d'un champ électrique E exprimé en V/m et d'un champ magnétique H exprimé en A/m. En champ lointain, c'est-à-dire à une certaine distance de l'émetteur, ces champs sont proportionnels entre eux, et, quantifier l'un pour le comparer à la réglementation revient à étudier implicitement l'autre. La totalité du champ électromagnétique est donc étudiée dans la mesure générale.

Les niveaux de référence

Aujourd'hui, en France les valeurs maximales d'exposition légale pour le public sont données par le décret n°2002-775. Les valeurs maximales d'exposition pour les travailleurs sont données par le décret n°2016-1074 transposant la directive 2013/35/UE. Ces décrets donnent les valeurs limites à ne pas dépasser suivant la fréquence de l'onde étudiée. Le tableau ci-dessous présente les valeurs limites pour plusieurs bandes de fréquences usuelles.

Bandes de Fréquences	Services	Valeurs limites public	Valeurs limites Travailleurs
50Hz	Courants industriels	5000 V/m 100 μ T	10000 V/m 1000 μ T
100 kHz – 30 MHz	Services HF (ondes courtes, moyennes et longues)	28 V/m	61 V/m
30MHz – 87.5 MHz	PMR (réseaux radio mobile professionnels)	28 V/m	61 V/m
87.5 MHz – 108 MHz, 174 MHz – 223 MHz	Radio sonore (FM-RNT)	28 V/m	61 V/m
108 MHz – 880 MHz, 921 MHz – 925 MHz	PMR – BALISES – Objets communicants	28 V/m	60 V/m
47 MHz – 68 MHz, 470 MHz – 830 MHz	TV	28 V/m	61 V/m
758 MHz – 788 MHz	TM 700 (Téléphonie mobile bande 700 MHz)	38 V/m	83 V/m
791 MHz – 821 MHz	TM 800 (Téléphonie mobile bande 800 MHz)	41 V/m	84 V/m
925 MHz – 960 MHz	TM 900 (Téléphonie mobile bande 900 MHz)	42 V/m	91 V/m
960 MHz - 1710 MHz	RADARS – Balises – FH	43 V/m	93 V/m
1805MHz - 1880 MHz	TM 1800 (Téléphonie mobile bande 1800 MHz)	57 V/m	127 V/m
1880 MHz – 1900 MHz	DECT (Téléphone sans fil domestiques numériques)	61 V/m	130 V/m
1900 MHz - 2200 MHz	TM 2100 (Téléphonie mobile bande 2100 MHz)	61 V/m	131 V/m
2620 MHz – 2690 MHz	TM 2600 (Téléphonie mobile bande 2600 MHz)	61 V/m	140 V/m
2200 MHz – 6000 MHz	RADARS – BLR– FH	61 V/m	140 V/m
2400 MHz – 2483.5 MHz, 5150 MHz – 5350 MHz, 5470 MHz – 5725 MHz	Réseaux Locaux radioélectriques Ou RLAN (Wi-Fi)	61 V/m	140 V/m

PMR: Private Mobile Radiocommunication

FM: Frequency modulation

TM : Téléphonie mobile

DECT: Digital Enhanced Cordless Telephone

BLR: Boucle Locale Radio

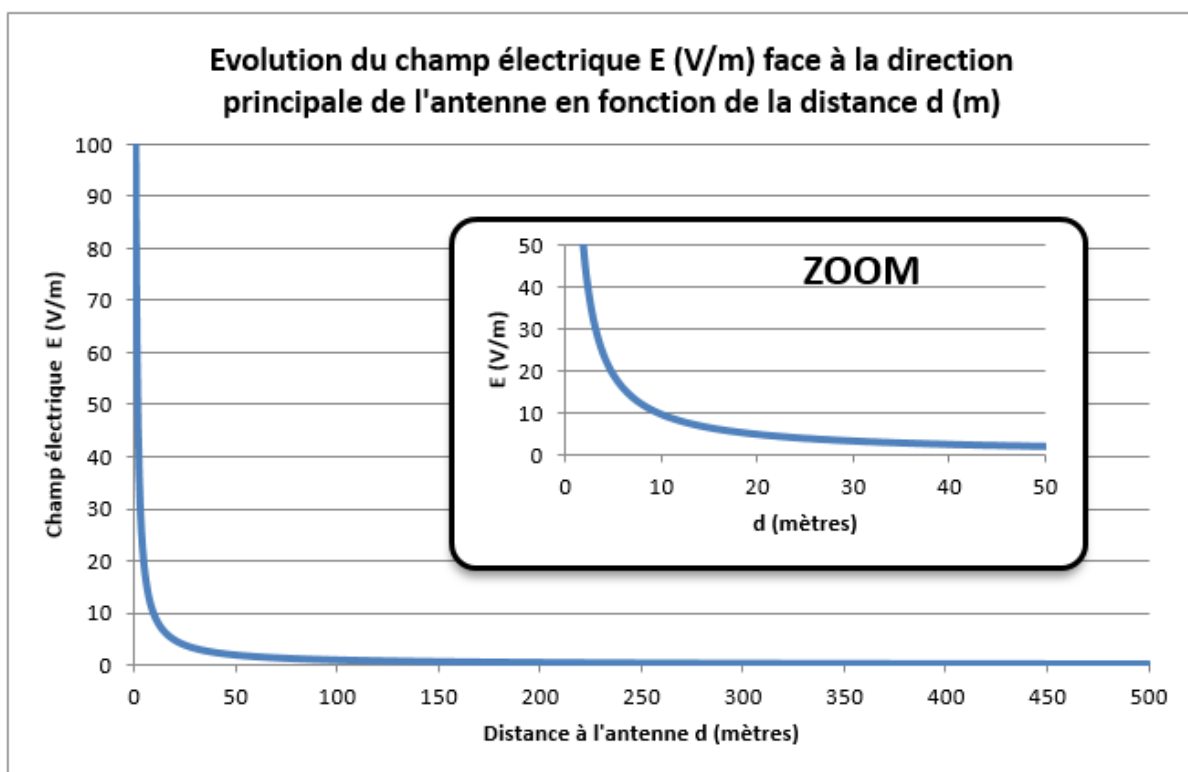
FH : Faisceaux Hertiens

Modèle de décroissance du champ électrique

Une antenne d'émission rayonne suivant un diagramme prédéfini. Pour comprendre son fonctionnement de rayonnement la comparaison la plus simple est celle du faisceau du phare guidant les bateaux, l'intensité est très élevée à proximité du phare, et le faisceau s'étale dès que l'on s'en éloigne.

Le graphique ci-dessous montre la décroissance du champ électrique en fonction de la distance à partir d'un émetteur.

Cet émetteur est paramétré avec des valeurs courantes et émet à une puissance de 20W, pour un gain de 15,5 dbi, et un tilt vertical de -2,5°.



Le champ électrique décroît rapidement en fonction de la distance. Le graphique ne traite que le cas d'un positionnement strictement dans l'axe de l'antenne et face à l'antenne, ce qui correspond aux positions d'exposition les plus élevées dans une configuration basique.

Plus on s'écarte de l'axe de l'antenne, plus le champ rayonné est faible, plus on est en dessous de l'antenne, plus l'exposition est faible. A ces concepts de rayonnement de base il convient de prendre en compte les différents paramétrages des antennes étudiées ainsi que les zones d'exposition spécifique des lobes secondaires.

Toutes ces spécificités sont, bien entendu, prises en compte dans le choix du positionnement des points de mesures.

6.2. Annexe 2 : Certificats d'étalonnage*

2017

LNE
LABORATOIRES DE TRAPPES
20 avenue Roger Hennequin - 91857 TRAPPES Cedex
Tél. : 01 39 09 10 08 - Fax : 01 39 16 24 02

Commande : V/Accord du 9/10/2017 – référence devis N°2017/14559
Order

**CERTIFICAT D'ETALONNAGE
CALIBRATION CERTIFICATE
N° P175155-DMSI-1**

DELIVRE A : SIMUTECH UAE
ISSUED FOR : 48 rue du Général Sarrail
92220 BAGNEUX

**INSTRUMENT ETALONNE
CALIBRATED INSTRUMENT**

Désignation : Analyseur de spectre
Constructeur : NARDA
Type : SRM-3006

N° de série : G-0249
Serial number :
N° d'identification : ANS-01
Identification number :

Ce document comprend 11 pages
The document includes pages

Date d'émission : 13 novembre 2017
Date of issue :

LES RESPONSABLES DES LABORATOIRES
THE HEADS OF THE LABORATORY

Rémy PICOU
Alain DURSENT

La reproduction de ce certificat n'est autorisée que sous sa forme intégrale.
This certificate may not be reproduced other than in full.
L'identification par le Code à Barres de la conception des instruments pour les tests d'étalonnage doit être transmise, les
série, il y a des, identifiés par un numéro. The Code of identification must be transmitted with the instrument.
Cher client, nous vous remercions de votre confiance.

Laboratoire national de métrologie et d'essais
Etablissement public français industriel et commercial - Siège social : 1 rue Gaston Boissier - 75116 Paris Cedex 13 - Tél. : 01 40 43 37 00
Fax : 01 40 43 37 31 - E-mail : lne@lne.fr - Internet : www.lne.fr - Siret : 315 328 244 88013 - NAF : 7120B - TVA : FR 92 315 328 244
Membre de l'Association des Laboratoires Nationaux de Métrologie et d'Essais (ALNME)

Fig 25. Certificat Analyseur de spectre

2017

LNE
LABORATOIRES DE TRAPPES
20 avenue Roger Hennequin - 91857 TRAPPES Cedex
Tél. : 01 39 09 10 08 - Fax : 01 39 16 24 02

Commande : V/Accord du 9/10/2017 – référence devis N°2017/14559
Order

**CERTIFICAT D'ETALONNAGE
CALIBRATION CERTIFICATE
N° P175155-DMSI-3**

DELIVRE A : SIMUTECH UAE
ISSUED FOR : 48 rue du Général Sarrail
92220 BAGNEUX

**INSTRUMENT ETALONNE
CALIBRATED INSTRUMENT**

Désignation : Mesureur de champ (1) associé à une antenne b-sides (2)
Constructeur : NARDA
Type : SRM-3006 (1)
3581102 (2)

N° de série : G-0246 (1)
Serial number : AA-0207 (2)
N° d'identification : ANS-01 (1)
Identification number : ANTH-01 (2)

Ce document comprend 5 pages
The document includes pages

Date d'émission : 13 novembre 2017
Date of issue :

LES RESPONSABLES DES LABORATOIRES
THE HEADS OF THE LABORATORY

Rémy PICOU

La reproduction de ce certificat n'est autorisée que sous sa forme intégrale.
This certificate may not be reproduced other than in full.
L'identification par le Code à Barres de la conception des instruments pour les tests d'étalonnage doit être transmise, les
série, il y a des, identifiés par un numéro. The Code of identification must be transmitted with the instrument.
Cher client, nous vous remercions de votre confiance.

Laboratoire national de métrologie et d'essais
Etablissement public français industriel et commercial - Siège social : 1 rue Gaston Boissier - 75116 Paris Cedex 13 - Tél. : 01 40 43 37 00
Fax : 01 40 43 37 31 - E-mail : lne@lne.fr - Internet : www.lne.fr - Siret : 315 328 244 88013 - NAF : 7120B - TVA : FR 92 315 328 244
Membre de l'Association des Laboratoires Nationaux de Métrologie et d'Essais (ALNME)

Fig 26. Certificat antenne 1 H-Field

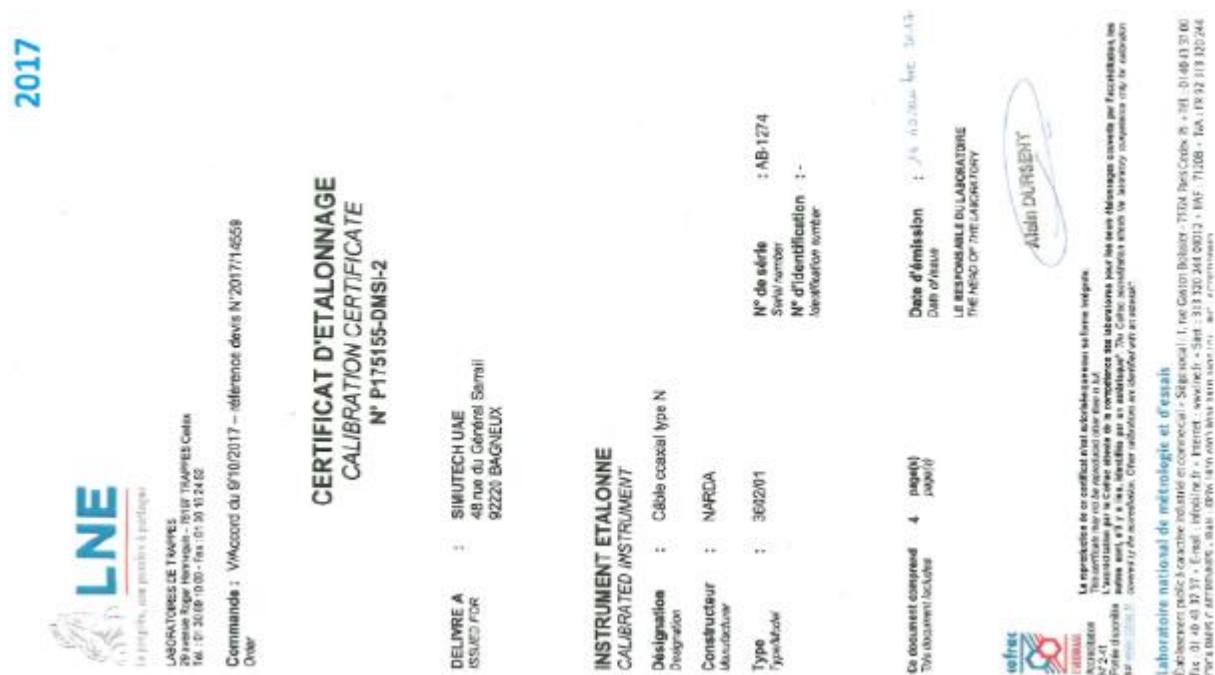


Fig 29. *Certificat câble*



Fig 30. *Certificat champ-mètre*

CERTIFICATE OF CALIBRATION

Number **17/02392**

Page 1 of 8 pages

Measurements marked with this symbol (S) are not covered by the scope of the Laboratory's accreditation.

ENAC
CALIBRATION
N° 18451C10112

WAVECONTROL

LabCal - Wavecontrol
Radio-electric Calibration Laboratory
C/ Pallars 65-71
08018 Barcelona (Spain)

ITEM	EM Field Meter + Isotropic EM Field Probe
BRAND	Wavecontrol
MODEL	Meter: SMP2 Probe: WP400
IDENTIFICATION	Meter: 17SN0448 Probe: 17WP100237
APPLICANT	Wavecontrol C/ Pallars 65-71 08018 Barcelona
DATE/S OF CALIBRATION	24/02/2017

Authorized Signatories:

Date of issue: 24/02/2017

Laurent Derousseau
Technical Director

Alex Chusa
Laboratory Manager

Fig 31. Certificat sonde WP400

Copie intégrale des certificats d'étalonnage disponible sur simple demande.

6.3. Annexe 3 : Système de mesure et incertitude de mesure*

Appareil	Marque	Référence	Date d'étalonnage	Périodicité
Champ-mètre	Wave Control	CHM-WAV-03	17/02/2017	24 mois
Sonde BF WP400	Wave Control	ANT-WAV-10	24/02/2017	24 mois
Analyseur de spectre	Narda	ANS-NAR-01	14/11/2017	24 mois
Antenne 1 H-Field	Narda	ANT-NAR-06	13/11/2017	24 mois
Antenne 2 E-Field	Narda	ANT-NAR-03	13/11/2017	24 mois
Antenne 3 E-Field	Narda	ANT-NAR-04	13/11/2017	24 mois
Câble RF	Narda	CBL-NAR-03	14/11/2017	24 mois
Champ-mètre	Wave Control	CHM-WAV-02	06/10/2017	24 mois

Incertitude type de mesure CAS A au champ mètre large bande

Le tableau ci-dessous présente le calcul d'incertitude type pour la mesure CAS A. Ce calcul d'incertitude regroupe les incertitudes mesurées dans le certificat d'étalonnage certifiant l'appareil auxquelles s'ajoutent les incertitudes liées à la mesure elle-même.

Incertitudes des mesures du CAS A - champ mètre large bande						2017
Sources d'erreur	Valeur d'incertitude (dB)	Distribution de probabilité	Diviseur	C _r	Incertitude standard (%)	
Equipement de mesure						
Etalonnage	0.7	Normale	2.0	1.0	4.1	
Isotropie	0.5	Normale	2.0	1.0	2.7	
Platitude en fréquence	0.8	Normale	2.0	1.0	4.6	
Linéarité	0.6	Rectangulaire	1.7	1.0	5.8	
Température/humidité	1.0	Rectangulaire	1.7	1.0	7.0	
Paramètres liés à l'environnement						
Influence opérateur	1.5	Rectangulaire	1.7	1.0	10.9	
Intégration spatiale	2.0	Rectangulaire	1.7	1.0	14.9	
Incertitude standard combinée (%)	21.7					
Incertitude élargie (%) (intervalle de confiance de 95%)	42.5					

Fig 32. Incertitude des mesures du CAS A

Incertitude type de mesure CAS B à l'analyseur de spectre

Le tableau ci-dessous présente le calcul d'incertitude type pour le CAS B. Ce calcul d'incertitude regroupe les incertitudes provenant de l'étalonnage auxquelles s'ajoutent les incertitudes liées à la mesure en elle-même.

Incertitudes des mesures du CAS B - analyseur de spectre					2017
Source d'erreur	Valeur d'incertitude (dB)	Distribution de probabilité	Diviseur	C _i	Incertitude standard (%)
Equipement de mesure					
Etalonnage	0.8	Normale	2.0	1	4.8
Analyseur	0.36	Normale	2.0	1	2.1
Isotropie	0.74	Rectangulaire	1.7	1	5.1
Dérive	1	Rectangulaire	1.7	1	7.0
Température/humidité	1	Normale	2.0	1	6.1
Variation facteur d'étalonnage	2	Rectangulaire	1.7	1	14.9
Réponse en amplitude	1.21	Rectangulaire	1.7	1	8.6
Paramètres liés à l'environnement					
Influence opérateur	1.5	Rectangulaire	1.7	1	10.9
Intégration spatiale	3	Rectangulaire	1.7	1	24.3
Incertitude standard combinée (%)	33.9				
Incertitude étendue (%) (intervalle de confiance de 95%)	66.4				

Fig 33. Incertitude des mesures du CAS B

Incertitude type de mesure H Basses Fréquences à la sonde ANT-WAV-10

Le tableau ci-dessous présente le calcul d'incertitude type pour les mesures de champ H (magnétique) Basses Fréquences. Ce calcul d'incertitude regroupe les incertitudes provenant de l'étalonnage auxquelles s'ajoutent les incertitudes liées à la mesure en elle-même.

Incertitudes des mesures H WP400 - 17WP100237					2017
Source d'erreur	Valeur d'incertitude (dB)	Distribution de probabilité	Diviseur	C _i	Incertitude standard (%)
Equipement de mesure					
Etalonnage	0.2	Normale	2.0	1.0	1.4
Platitude en fréquence	0.9	Normale	2.0	1.0	5.5
Linéarité	0.6	Rectangulaire	1.7	1.0	4.1
Température/humidité	1.0	Rectangulaire	1.7	1.0	7.0
Isotropie	0.5	Normale	2.0	1.0	3.0
Paramètres liés à l'environnement					
Influence opérateur	1.5	Rectangulaire	1.7	1	10.9
Influence environnement	0.5	Rectangulaire	1.7	1	3.4
Intégration spatiale	-	Rectangulaire	1.7	1	0.0
Incertitude standard combinée (dB)	1.2				
Incertitude étendue (dB) (intervalle de confiance de 95%)	2.3				

Fig 34. Incertitude des mesures H WP400

Incertitude type de mesure E Basses Fréquences à la sonde ANT-WAV-10

Le tableau ci-dessous présente le calcul d'incertitude type pour les mesures de champ E (électrique) Basses Fréquences. Ce calcul d'incertitude regroupe les incertitudes provenant de l'étalonnage auxquelles s'ajoutent les incertitudes liées à la mesure en elle-même.

Incertitudes des mesures E WP400 - 17WP100237						2017
Source d'erreur	Valeur d'incertitude (dB)	Distribution de probabilité	Diviseur	C _i	Incertitude standard (%)	
Équipement de mesure						
Etalonnage	0.3	Normale	2.0	1.0	1.7	
Platitude en fréquence	1.5	Normale	2.0	1.0	9.5	
Linéarité	0.5	Rectangulaire	1.7	1.0	3.6	
Température/humidité	1.0	Rectangulaire	1.7	1.0	7.0	
Paramètres liés à l'environnement						
Influence opérateur	1.5	Rectangulaire	1.7	1	10.9	
Influence environnement	2	Rectangulaire	1.7	1	14.9	
Intégration spatiale	-	Rectangulaire	1.7	1	0.0	
Incertitude standard combinée (dB)	1.7					
Incertitude étendue (dB) (intervalle de confiance de 95%)	3.2					

Fig 35. Incertitude des mesures E WP400

6.4. Annexe 4 : Photos des points de mesures Basses fréquences

Point 1



Point 2



Point 3



Point 4



Point 5



Point 6



Point 7



Point 8



Point 9



Point 10



Point 11



Point 12



Point 13



Point 14



Point 15



Point 16



Point 17



Point 18



Point 19



Point 20



Point 21



Point 22



Point 23



Point 24



Point 25



Point 26



Point 27



Point 28



Point 29



Point 30



Point 31



Point 32



Point 33



Point 34



Point 35



Point 36



Point 37



Point 38



Point 39



Point 40



Point 41



Point 42



Point 43



Point 44



Point 45



6.5. Annexe 5 : Photos des points de mesure Hautes fréquences*

Point 1



Point 2



Point 3



Point 4



Point 5



Point 6



Point 7



Point 8



Point 9



Point 10



Point 11



Point 12



Point 13



Point 14



Point 15



Point 16



Point 17



Point 18



Point 19



Point 20



Point 21



Point 22



Point 23



Point 24



Point 25



Point 26



Point 27



Point 28



Point 29



Point 30



Point 31



Point 32



Point 33



Point 34



Point 35



Point 36



Point 37



Point 38



Point 39



Point 40



Point 41



Cas B (point n°2)



Cas B (point n°9)



Cas B (point n°38)

