



Institut scientifique
de service public

Métrologie environnementale
Recherche – Analyses
Essais – Expertises

Siège social et site de Liège :
Rue du Chéra, 200
B-4000 Liège
Tél : +32(0)4 229 83 11
Fax : +32(0)4 252 46 65
Site web : <http://www.issep.be>

Site de Colfontaine :
Zoning A. Schweitzer
Rue de la Platinerie
B-7340 Colfontaine
Tél : +32(0)65 61 08 11
Fax : +32(0)65 61 08 08

Liège, le 22 juin 2021.

**RAPPORT DE MESURE DU CHAMP MAGNETIQUE STATIQUE
APRES MISE EN SERVICE DE L'INTERCONNEXION IFA2**

Rapport n° 1403 / 2021

TABLE DES MATIERES

Table des matières	2
1. Introduction.....	3
2. Le champ magnétique terrestre	4
3. Effets sur la santé	4
4. Normes et réglementations	4
5. Procédure de mesure.....	5
6. Résultats des mesures	7
6.1. Mesures sur le domaine public	7
6.2. Mesures chez les riverains	49
7. Observations	62
8. Conclusions.....	63

1. INTRODUCTION

Le présent rapport expose les résultats des mesures du champ magnétique statique entre le point d'atterrissage à Merville-Franceville et la station de conversion de Tourbes. Au total, 42 mesures ont été effectuées, dans le domaine public, dans des zones urbanisées et agricoles ainsi que dans 24 habitations de riverains de la liaison. Chez 15 de ces riverains, des mesures ont été réalisées avant et après mise en fonction, 8 n'ont pas donné suite à l'invitation après mise en service de la liaison (uniquement des mesures avant placement du câble) et des mesures ont également été réalisées chez un habitant exclusivement après mise en fonction de l'interconnexion.

Les mesures de champ magnétique ayant été réalisées entre les 6 et 9 septembre 2018 avant la pose du câble et la mise en service de l'interconnexion, l'unique composante mesurée était celle du champ magnétique terrestre. L'objectif de cette première intervention était de déterminer le champ préexistant en divers lieux ; ces résultats ont servi de « base de comparaison » pour la deuxième série de mesures réalisées entre les 3 et 5 juin 2021, après la mise en service de la ligne IFA2.

Le tableau 1 fournit quelques précisions relatives aux conditions de mesure. Les paragraphes 2, 3 et 4 présentent quelques notions théoriques, les effets sur la santé ainsi que les recommandations et règlements en matière de protection des personnes. La méthode de mesure est présentée au paragraphe 5. Le lecteur uniquement intéressé par l'analyse des résultats et par les conclusions peut se limiter aux paragraphes 6, 7 et 8.

Tableau 1 : Sources contrôlées et conditions de mesures

Sources contrôlées	Champ magnétique terrestre
Localisation	Entre le site d'atterrissage et la station de conversion de Tourbes
Demandeur	Emmanuel GOSSET, pilote du projet IFA2 France, RTE
Mesures de champs effectuées par	Paul BERNARD, ingénieur industriel en Électronique
Autres personnes présentes	En 2018 : Lucas VIOLLEAU, converter engineer IFA2, RTE Emmanuel GOSSET, pilote du projet IFA2 France, RTE Rachid HOUHOU, manager de Projets D&I, RTE Les riverains lors des mesures à leurs domiciles En 2021 : Emmanuel GOSSET, pilote du projet IFA2 France, RTE Anne-France SANSSON, Assistante, RTE Les riverains lors des mesures à leurs domiciles
Dates des mesures sur le domaine public	Avant mise en service : Les jeudi 06/09/2018 et dimanche 09/09/2018 (matin) Après mise en service : Le jeudi 03/06/2021
Dates des mesures chez les riverains	Avant mise en service : Les vendredi 07/09/2018 et samedi 08/09/2018 Après mise en service : Les vendredi 04/06/2021 et samedi 05/06/2021

2. LE CHAMP MAGNETIQUE TERRESTRE

Un champ magnétique statique est un champ dont l'orientation, la direction et l'intensité ne varient pas dans le temps (fréquence égale à 0 Hz), contrairement aux champs produits, par exemple, par le réseau électrique (50/60 Hz) ou aux champs radiofréquences (fréquence comprise entre quelques dizaines de kHz et 300 GHz). Il peut être produit par un aimant (son intensité dépend alors de la force de cet aimant) ou par un courant électrique continu (dans ce cas, l'intensité du champ est proportionnelle à l'intensité du courant).

Notre Terre est assimilable à un aimant qui, grâce aux lignes de force du champ magnétique statique entre ses deux pôles, nous protège des radiations venues de l'espace. L'unité de mesure d'un champ magnétique statique est l'ampère par mètre (A/m) mais on l'exprime habituellement sous la forme de l'induction magnétique correspondante dont l'unité de mesure est le tesla (T), le millitesla (mT) ou le microtesla (μ T).

Le champ géomagnétique naturel varie à la surface de la Terre entre environ 35 μ T et 70 μ T ; en France il est de l'ordre de 45-50 μ T. Les champs magnétiques statiques créés par l'homme apparaissent au voisinage de tout circuit parcouru par un courant continu, comme dans le cas de l'interconnexion IFA2 ou IFA2000 mais aussi dans de très nombreuses applications parmi lesquelles on peut citer les trains électriques et tramway alimentés en courant continu, les voitures électriques, l'imagerie par résonance magnétique ainsi qu'une multitude de procédés industriels.

3. EFFETS SUR LA SANTE

Certaines études montrent qu'à partir d'un champ de 2 ou 3 T, des effets transitoires tels que nausées, vertiges, perception d'un goût métallique et phosphènes rétinien sont susceptibles de se produire. Ces effets n'apparaissent que lorsque le corps ou la tête sont en mouvement.

Les effets des champs magnétiques statiques de forte intensité peuvent être considérablement réduits, voire évités, si l'on n'effectue que des mouvements lents.

Les champs magnétiques statiques exercent des forces sur les charges électriques se déplaçant dans le sang, comme les ions, générant ainsi des champs et des courants électriques autour du cœur et des gros vaisseaux susceptibles de ralentir légèrement la circulation sanguine. Leurs effets possibles vont de modifications mineures des battements du cœur jusqu'à une augmentation du risque d'arythmie cardiaque pouvant engager le pronostic vital (telle la fibrillation ventriculaire). Toutefois, de tels effets aigus ne sont susceptibles d'être rencontrés qu'avec des champs dépassant 8 T.

Signalons que des intensités de cet ordre sont tout à fait exceptionnelles et qu'elles ne se rencontrent qu'à proximité de certaines applications industrielles ou médicales (par exemple l'imagerie par résonance magnétique).

4. NORMES ET REGLEMENTATIONS

Les recommandations et les règlements en matière de protection contre les rayonnements non ionisants distinguent généralement deux catégories de personnes :

- la population générale qui n'est, dans la plupart des cas, pas informée de son niveau d'exposition et qui est constituée d'individus de tous âges dont l'état de santé varie. En particulier, elle peut comprendre des personnes ou des groupes de personnes particulièrement sensibles. En outre, les membres du public ne prennent pas nécessairement de précautions visant à réduire ou à éviter toute exposition. Ces considérations justifient des niveaux de protection plus élevés pour les personnes appartenant à cette catégorie ;

- les travailleurs sont des adultes généralement en bonne santé, travaillant dans des conditions connues, pouvant être informés du risque potentiel et à même de prendre les précautions appropriées. Il en résulte des limites d'exposition moins strictes que pour le public. Dans certains cas cependant, il est recommandé d'utiliser les limites applicables à l'exposition de la population générale.

L'ICNIRP (2009) recommande les limites suivantes:

- pour les travailleurs : 2T pour la tête et le tronc 8T pour les autres membres
- pour la population générale : 400 mT pour toutes les parties du corps
- pour les appareils médicaux électroniques implantés, la limite est fixée à 0,5 mT.

La directive européenne 2013/35/UE pour la protection des travailleurs préconise les mêmes valeurs que l'ICNIRP. De plus, dans les environnements professionnels, une exposition jusqu'à 8 T est tolérée pour l'ensemble du corps, si l'environnement est contrôlé et les pratiques de travail adaptées afin de réduire la vitesse d'exécution et les déplacements dans de tels champs.

En France, les émissions électromagnétiques sont régies par le décret n° 2002-775 du 2 mai 2002. Dans le cas des champs magnétiques, la limite d'exposition du public est de 40 mT. On notera que l'adoption de ce décret est antérieure à la recommandation de l'ICNIRP de 2009.

5. PROCEDURE DE MESURE

En 2018, les mesures du champ d'induction magnétique statique ont été effectuées au moyen d'un magnétomètre à effet Hall de la marque METROLAB. L'ensemble des mesures ont été réalisées à environ 1,5m du sol.

L'appareil (la sonde) utilisé était en ordre d'étalonnage (voir certificat en annexe 1).



Les mesures se sont déroulées sur un total de 4 jours répartis comme ceci :

Dates	Type de mesures
6 septembre 2018	40 points de mesures dans le domaine public.
7 septembre 2018	Mesures chez 14 riverains.
8 septembre 2018	Mesures chez 9 riverains.
9 septembre 2018	2 points de mesures dans le domaine public.

En 2021, les mesures du champ d'induction magnétique statique ont été effectuées au moyen d'un mesureur de champ SMP2 de la marque WAVECONTROL équipé d'une sonde WPH-DC. Les mesures ont été réalisées soit à 10 cm du sol soit à environ 1,5 m de celui-ci (distance entre le sol et l'extrémité de la sonde).

L'appareil et la sonde utilisés sont en ordre d'étalonnage (voir certificat en annexe 2).



Les mesures se sont déroulées sur un total de 3 jours répartis comme ceci :

Dates	Type de mesures
3 juin 2021	42 points de mesures dans le domaine public.
4 juin 2021	Mesures chez 10 riverains.
5 juin 2021	Mesures chez 6 riverains.

Notons que les valeurs de champ mesurées dépendent essentiellement de 2 paramètres :

- l'éloignement de la source, le champ magnétique décroît très rapidement avec la distance, c'est pourquoi lors de la réalisation des mesures en 42 points dans le domaine public, des mesures à quelques centimètres du sol et à 1,5m ont été réalisées.
- la charge de la liaison, en effet, le champ est directement proportionnel au courant transporté par le câble. L'idéal est donc de faire les contrôles lors de l'utilisation maximale de l'interconnexion de façon à se confronter aux cas les plus défavorables. Pour vérifier cela, il existe un outil public disponible sur le site <https://rnp.unicorn.com/NOM04>. Des captures d'écrans sont visibles en annexe 3.

6. RESULTATS DES MESURES

6.1. Mesures sur le domaine public

Au total, 42 mesures ont été réalisées. Le tableau suivant indique, pour ces lieux :

- le site de mesure (Atterrage, Descanneville, Bas de Bréville, Bréville-les-Monts ou milieu agricole) ;
- le numéro du point de mesure (de 1 à 42) ;
- le nom du point de mesure (avec la mention « aplomb » lorsque celle-ci a été faite à l'aplomb de l'axe de la liaison) ;
- le numéro du plan permettant la localisation précise du point de mesure ;
- le numéro de la photo permettant également la localisation précise du point de mesure (en considérant qu'elle est prise à environ 1,5m du sol) ;
- la valeur mesurée en μT au point considéré.

A la suite de ce tableau, des plans et photos indiquent la localisation précise des points de mesures. Notons que pour certains points, il existe de petites différences de localisation entre la mesure réalisée avant et celle faite après la mise en service de la liaison IFA2. En effet, lors de la première série de relevés, les emplacements ont été choisis selon le tracé théorique tandis que lors des mesures de 2021, le câble a pu être localisé de manière précise à l'aide du mesureur de champ. Cela n'a que peu d'importance car les mesures de 2018 servaient à donner des valeurs de référence et à confirmer le fait qu'il n'y avait aucune autre source de champ magnétique statique le long du tracé.

L'ensemble de ces mesures a été réalisé le jeudi 3 juin 2021 entre 9h30 et 15h00, comme le montre l'annexe 3, cela a permis de vérifier l'exposition maximale car la liaison IFA2 était utilisée à pleine puissance durant cette tranche horaire.

A l'atterrage, les câbles passant sous la plage sont espacés d'environ 15m avant de se rejoindre au centre du parking. A hauteur du point de mesure n°1 (Atterrage 1a), les câbles sont déjà côte à côte.

Notons également qu'en plusieurs points suffisamment éloignés de la liaison, aussi bien en 2018 qu'en 2021, l'unique composante mesurée était le champ magnétique terrestre. Pour ces mesures, nous pouvons constater des différences pouvant atteindre quelques pourcents entre les relevés de 2018 et ceux de 2021. Il est compréhensible de ne pas avoir rigoureusement les mêmes valeurs entre les deux séries de mesures, nous n'étions pas en condition de laboratoire, et hormis les bruits de fond et la sensibilité des appareils de mesures, la reproduction exacte des conditions de mesures est impossible (modification de l'environnement, présence de matériaux ferromagnétique, orientation, trafic routier, ...).

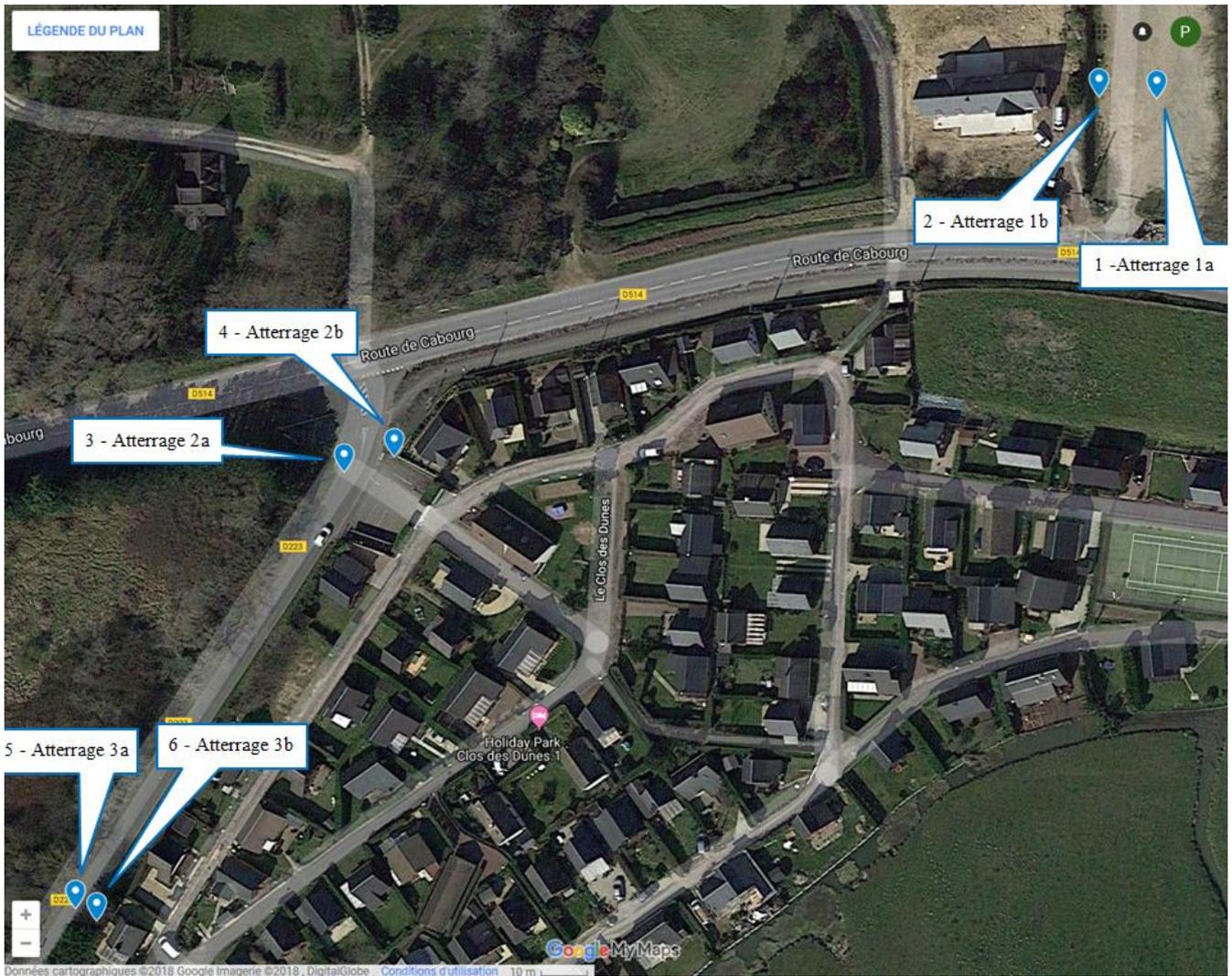
Tableau 2 : Points de mesure dans le domaine public

Sites	Numéro du point	Nom du point	N° Plan	N° photo	Valeur mesurée (μT) en 2018 à \pm 1,5m du sol	Valeur mesurée (μT) en 2021 à \pm 0,1m du sol	Valeur mesurée (μT) en 2021 à \pm 1,5m du sol
Atterrage	1	Atterrage 1a Aplomb	1	1	49,7	137,8	87,8
	2	Atterrage 1b	1	1	49,2	45,8	46,2
	3	Atterrage 2a Aplomb	1	2	48,9	95,2	64,0
	4	Atterrage 2b	1	2	49,2	46,5	45,8
	5	Atterrage 3a Aplomb	1	3	49,2	105,9	60,9
	6	Atterrage 3b	1	3	48,9	46,0	51,4
Descanneville	7	Descanneville 1a Aplomb	2	4	49	107,1	62,2
	8	Descanneville 1b	2	4	48,7	43,8	42,0
	9	Descanneville 1c	2	4	47,4	54,3	53,0
	10	Descanneville 2a Aplomb	3	5	47,6	91,8	61,2
	11	Descanneville 2b	3	5	48,2	45,3	45,5
	12	Descanneville 2c	3	5	48	45,8	46,5
	13	Descanneville 3a Aplomb	4	6	47,3	76,9	58,0
	14	Descanneville 3b	4	6	47,3	46,0	45,6
	15	Descanneville 3c	4	6	48,8	48,4	48,7
Bas de Bréville	16	Bas de Bréville 1a Aplomb	5	7	48,2	97,6	69,9
	17	Bas de Bréville 1b	5	7	48	43,3	43,3
	18	Bas de Bréville 1c	5	7	48	48,2	48,4

Sites	Numéro du point	Nom du point	N° Plan	N° photo	Valeur mesurée (μT) en 2018 à \pm 1,5m du sol	Valeur mesurée (μT) en 2021 à \pm 0,1m du sol	Valeur mesurée (μT) en 2021 à \pm 1,5m du sol
Bréville-les-Monts	19	Bréville-les-Monts 1a - Aplomb	6	8	47,4	84,0	60,0
	20	Bréville-les-Monts 1b	6	8	47,8	45,4	45,6
	21	Bréville-les-Monts 1c	6	8	46,9	50,2	50,0
	22	Bréville-les-Monts 2a - Aplomb	6	9	48,3	91,0	69,9
	23	Bréville-les-Monts 2b	6	9	47,9	45,9	46,0
	24	Bréville-les-Monts 2c	6	9	47,6	46,3	45,8
	25	Bréville-les-Monts 3a - Aplomb	6	10	48,4	99,2	63,6
	26	Bréville-les-Monts 3b	6	10	48,6	45,6	46,2
	27	Bréville-les-Monts 3c	6	10	49,2	45,3	45,8
Milieu agricole	28	Milieu agricole 1 Aplomb	7	11	47,8	96,8	64,9
	29	Milieu agricole 2 Aplomb	7	12	48	121,8	70,5
	30	Milieu agricole 3 Aplomb	8	13	47,5	111,8	73,1
	31	Milieu agricole 4 Aplomb	9	14	48	105,8	72,7
	32	Milieu agricole 5 Aplomb	9	15	48,4	106,7	68,6
	33	Milieu agricole 6 Aplomb	9	16	47,7	108,5	66,6
	34	Milieu agricole 7 Aplomb	10	17	48,4	133,6	70,8
	35	Milieu agricole 8 Aplomb	10	18	47,9	125,9	67,7
	36	Milieu agricole 9 Aplomb	11	19	48,7	128,7	71,3

Sites	Numéro du point	Nom du point	N° Plan	N° photo	Valeur mesurée (μT) en 2018 à \pm 1,5m du sol	Valeur mesurée (μT) en 2021 à \pm 0,1m du sol	Valeur mesurée (μT) en 2021 à \pm 1,5m du sol
Milieu agricole	37	Milieu agricole 10 Aplomb	12	20	48,4	108,6	74,9
	38	Milieu agricole 11 Aplomb	12	21	47,9	111,0	72,0
	39	Milieu agricole 12	12	22	47,7	-	60,2
	40	Milieu agricole 13 Aplomb	13	23	48,1	103,2	65,5
	41	Milieu agricole 14	13	24	47,8	-	45,9
	42	Milieu agricole 15	13	25	48,6	-	49,2

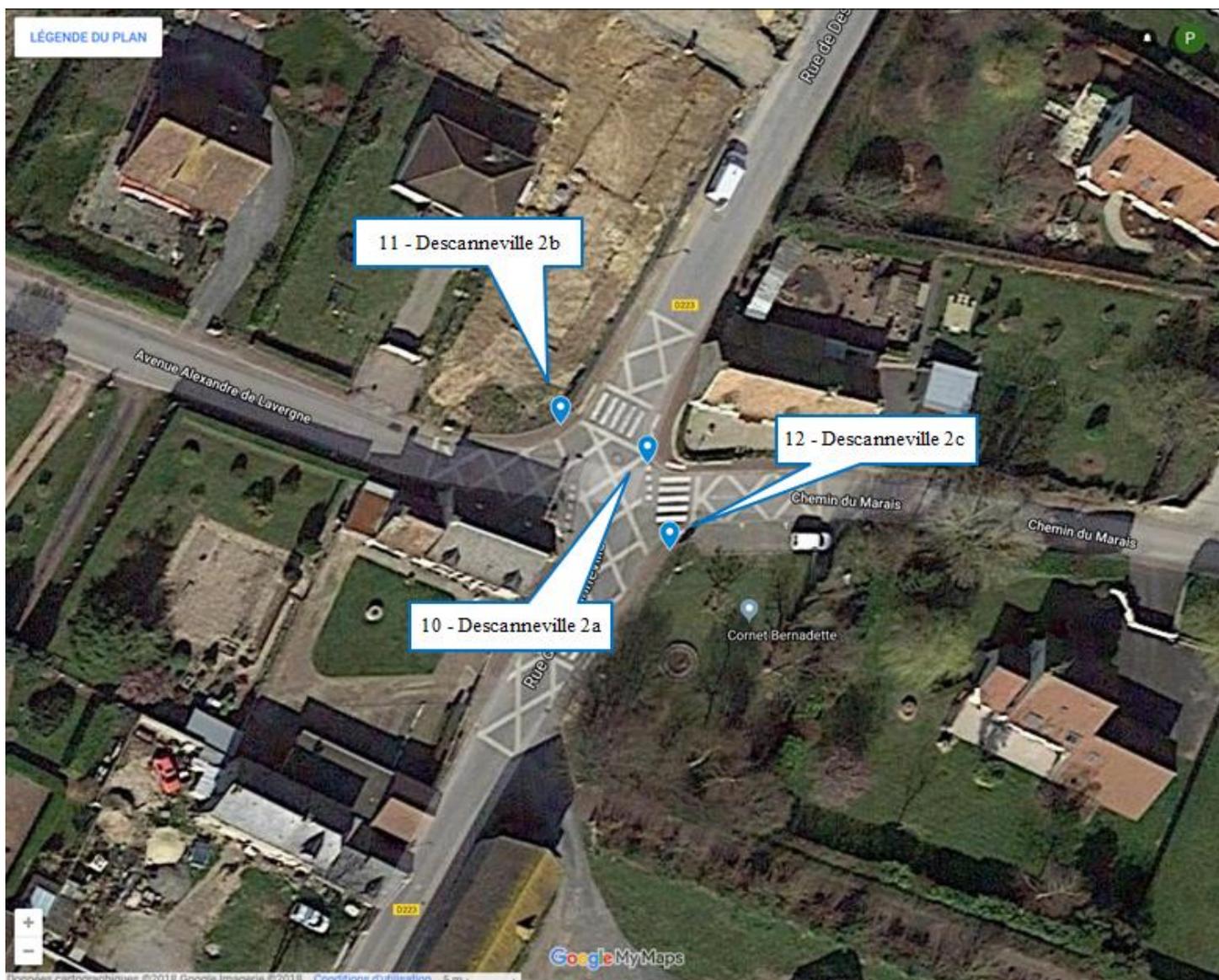
Plan n°1



Plan n°2



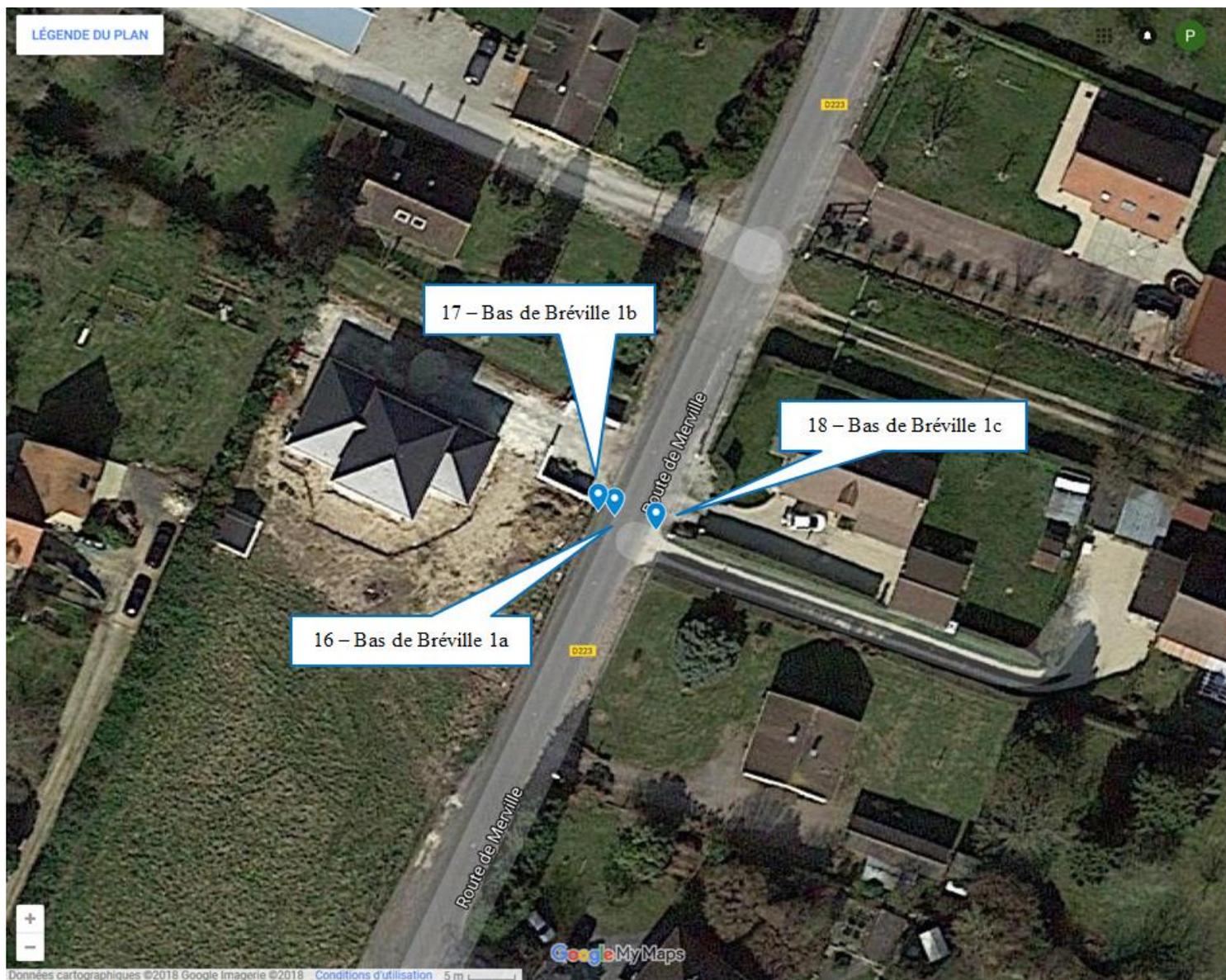
Plan n°3



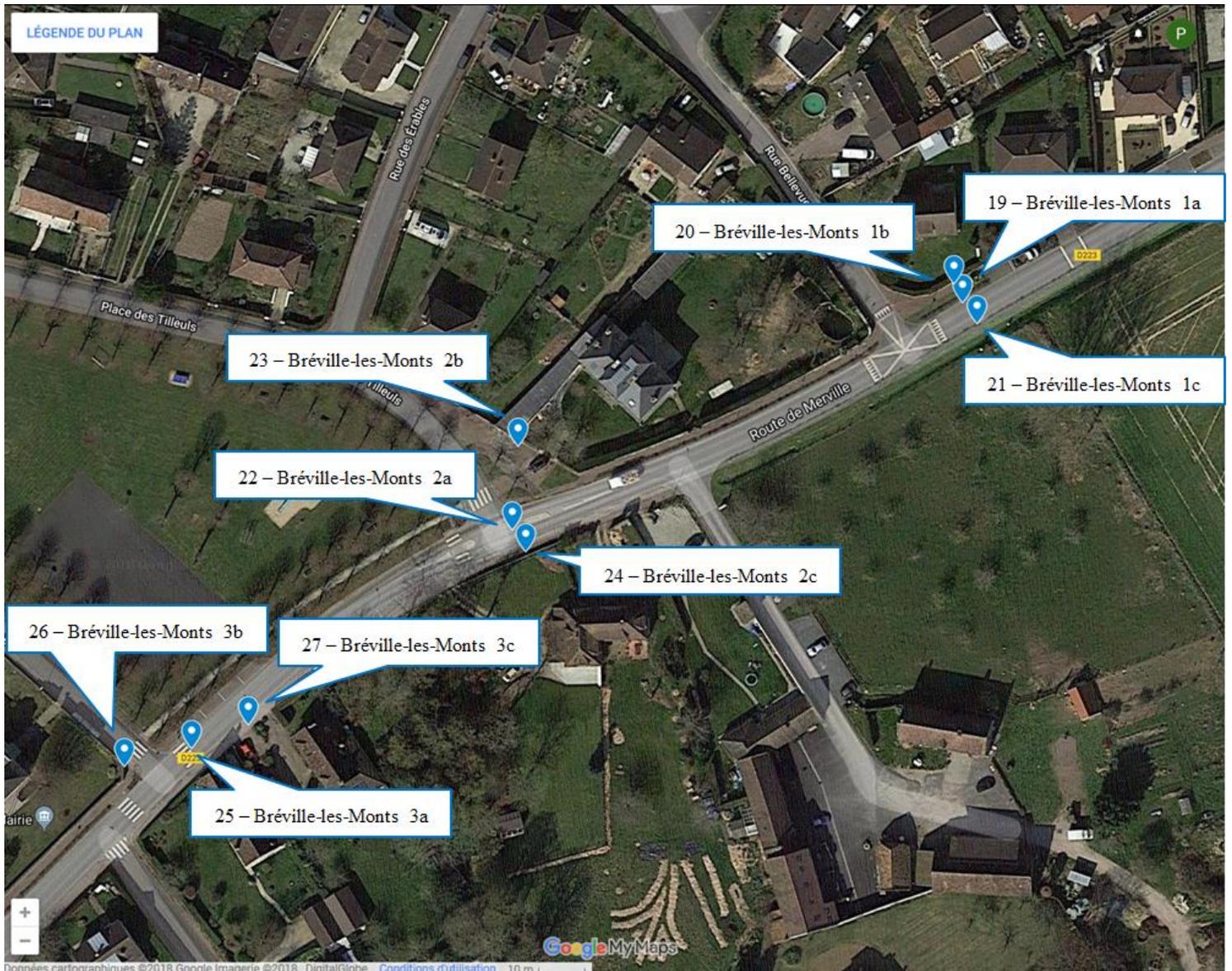
Plan n°4



Plan n°5



Plan n°6



Plan n°7



Plan n°8



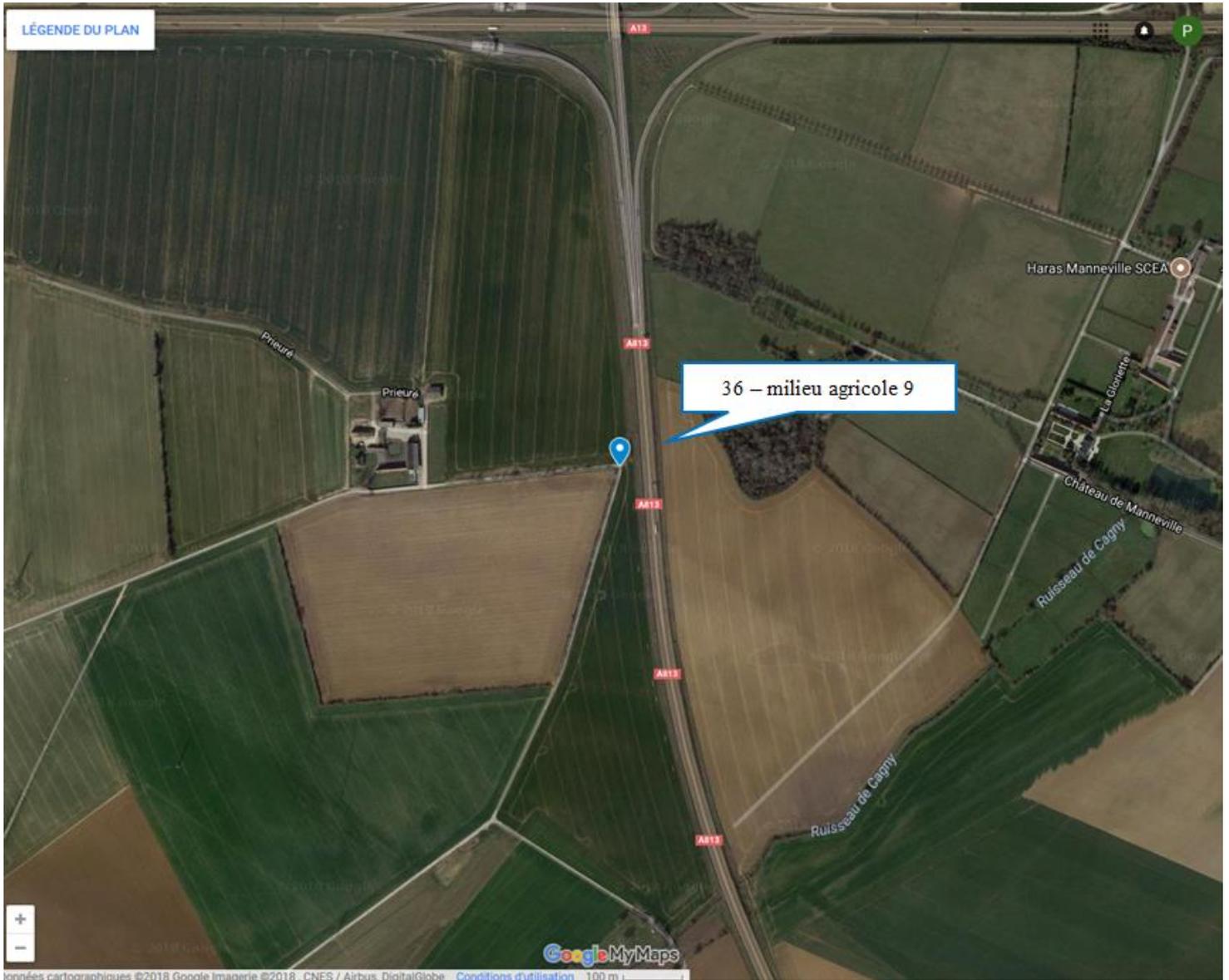
Plan n°9



Plan n°10



Plan n°11



Plan n°12



Plan n°13



Photo 1a - 2018



Photo 1b - 2021



Photo 2a - 2018



Photo 2b - 2021



Photo 3a - 2018



Photo 3b - 2021

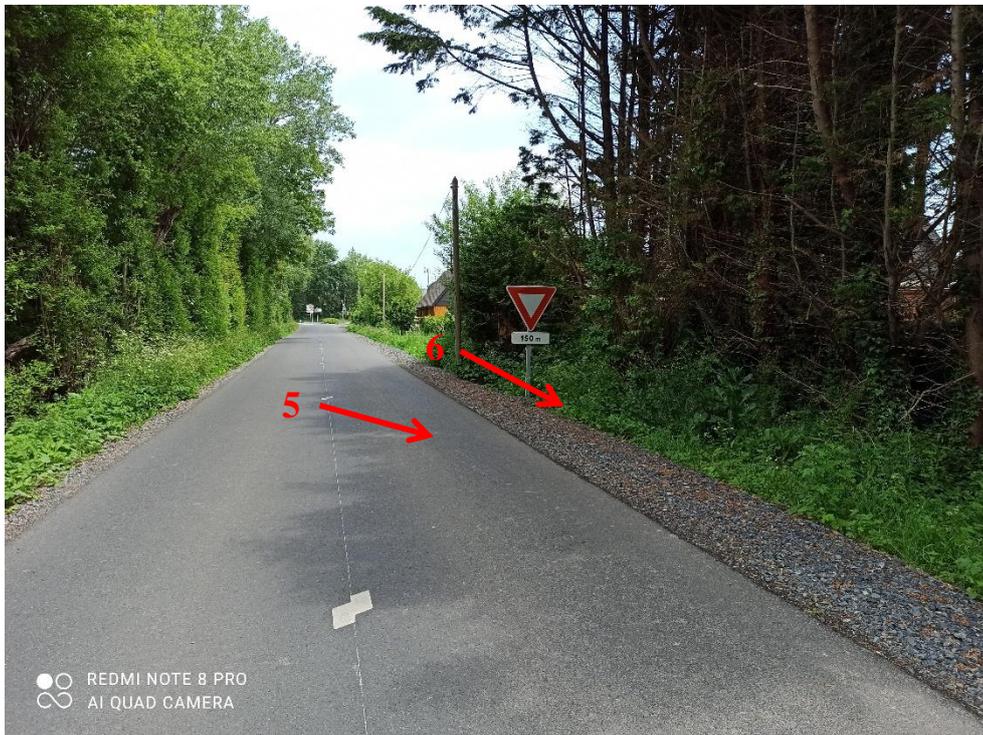


Photo 4a - 2018



Photo 4b - 2021



Photo 5a - 2018



Photo 5b - 2021

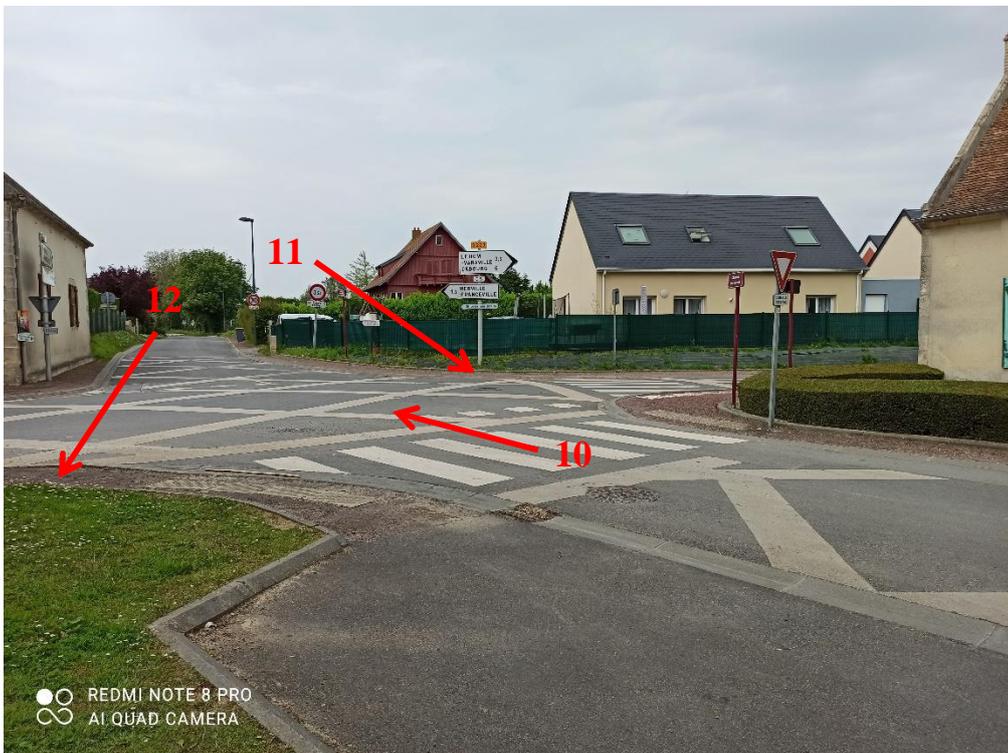


Photo 6a - 2018



Photo 6b - 2021



Photo 7a - 2018



Photo 7b - 2021



Photo 8a - 2018



Photo 8b - 2021



Photo 9a - 2018



Photo 9b - 2021



Photo 10a - 2018



Photo 10b - 2021



Photo 11a - 2018



Photo 11b - 2021



Photo 12a - 2018



Photo 12b - 2021



Photo 13a - 2018



Photo 13b - 2021



Photo 14a - 2018



Photo 14b - 2021



Photo 15a - 2018



Photo 15b - 2021



Photo 16a - 2018



Photo 16b - 2021



Photo 17a – 2018



Photo 17b – 2021



Photo 18a – 2018



Photo 18b – 2021



Photo 19a - 2018



Photo 19b - 2021



Photo 20a – 2018



Photo 20b – 2021



Photo 21a - 2018



Photo 21b - 2021



Photo 22a – 2018



Photo 22b – 2021



Photo 23a - 2018



Photo 23b - 2021



Photo 24a – 2018



Photo 24b – 2021



Photo 25a - 2018

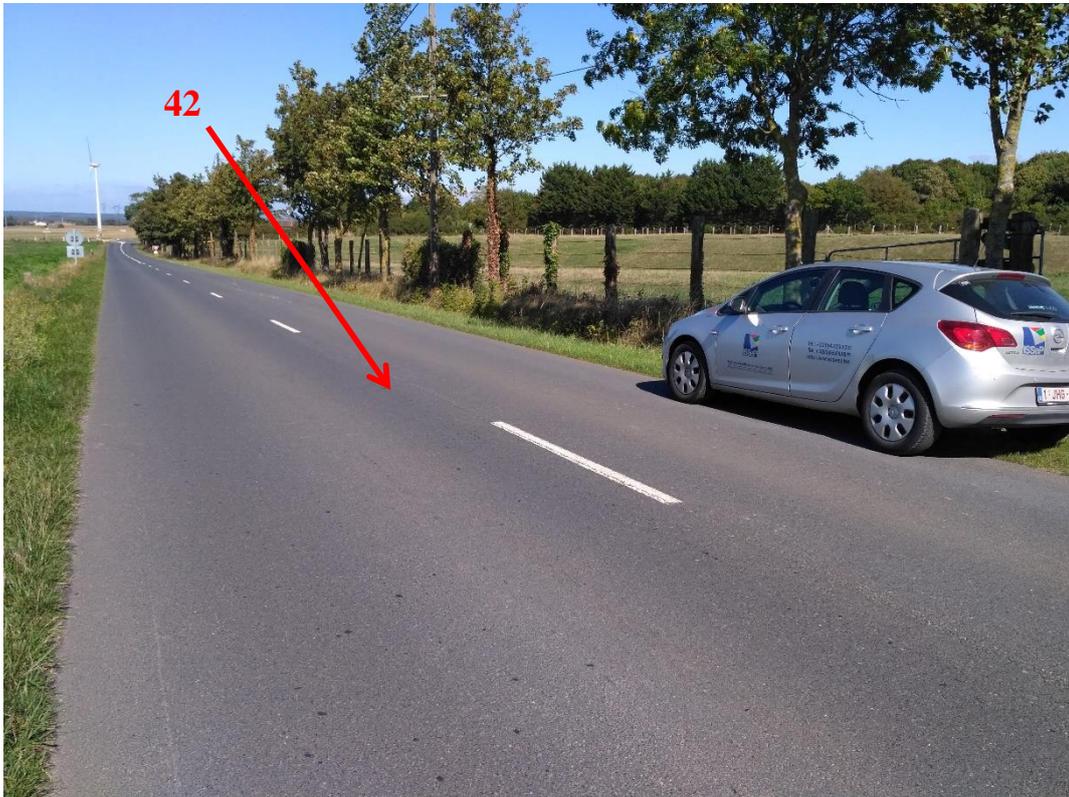


Photo 25b – 2021



6.2. Mesures chez les riverains

Au total, en 2018 et 2021, des mesures ont également été réalisées chez 24 riverains se trouvant à proximité du tracé, pour chacune de ces habitations des contrôles ont été effectués à l'intérieur et/ou à l'extérieur. Plus précisément, en 2018, 23 riverains avaient demandé un contrôle au sein de leurs habitations. Parmi ceux-ci, 15 ont donné suite à l'invitation à un deuxième contrôle en 2021 auxquels nous ajoutons un seizième riverain rencontré pendant la session de mesure du 5 juin 2021. Dans le présent rapport, seront présentés les résultats obtenus après mise en service de la liaison avec en correspondance ceux de 2018.

Comme pour les résultats présentés précédemment, les valeurs mesurées chez les riverains dépendent également de l'éloignement entre le point de mesures et la liaison mais aussi de l'intensité de courant transitant dans le câble. Les rendez-vous chez les riverains étaient répartis sur 2 journées comme ceci :

Tableau 3 : Répartition des riverains

Vendredi 4 juin 2021 de 9h à 17h	Samedi 5 juin 2021 de 10h à 13h
Claudine Chaumier	Liliane Leseur-Gance
Danielle Clabaux	Carine Berthome Matthieu Boutelet
Serges Dufresnes	Stéphanie Delente
Yvette Lecouturier	Alfred Del Favero
Didier Boucle	Audrey Laine
Jocelyne et Daniel Anquetil	M. Champert
Damien Lebosse Angélique Serventi	
Olivier Lepley	
Celine Riche	
M. Tillard Mme Madelaine	

Comme le montre l'annexe 3, le vendredi, l'interconnexion transitait le maximum de puissance alors que le samedi matin, le flux avoisinait les 80% de la capacité.

Le tableau suivant indique, pour ces lieux :

- le numéro du riverain (de 1 à 16) ;
- le ou les nom(s) du ou des riverain(s) ;
- l'adresse de l'habitation contrôlée ;
- des précisions concernant les lieux de mesures ;
- la valeur mesurée en μT au point considéré.

A la suite de ce tableau, une série de plans permettant la localisation précise des lieux de mesures.

Notons que pour la plupart des lieux de mesures, la distance à la liaison est suffisamment grande pour que l'unique composante mesurée soit le champ magnétique terrestre. Pour ces mesures, nous pouvons constater des différences pouvant atteindre quelques pourcents entre les relevés de 2018 et ceux de 2021. Il est compréhensible de ne pas avoir rigoureusement les mêmes valeurs entre les deux séries de mesures, nous n'étions pas en condition de laboratoire, et hormis les bruits de fond et la sensibilité des appareils de mesures, la reproduction exacte des conditions de mesures est impossible (modification de l'environnement, présence de matériaux ferromagnétique, orientation, trafic routier, ...).

Tableau 4 : Points de mesure chez les riverains de l'interconnexion IFA2

N° Riverain	Nom	Adresse	Lieux de mesures	Valeurs de mesures en 2018	Valeurs de mesures en 2021
1	Liliane LESEUR-GANCE	6 route de Merville 14860 BREVILLE LES MONTS	Extérieur - Entre la maison et la haie côté rue	48,3 µT	48,8 µT
2	Yvette LECOUTURIER	100 route de Merville 14860 BREVILLE LES MONTS	Intérieur - Séjour - Devant la baie vitrée côté rue	49,2 µT	47,4 µT
3	M. TILLARD et Mme MADELAINE	3 route de Merville 14860 AMFREVILLE	Extérieur - Devant la façade côté rue	48,1 µT	47,2 µT
			Intérieur - Cuisine	47,9µT	49,2 µT
4	Danielle CLABAUX	2 rue des Saules 14810 MERVILLE FRANCEVILLE	Extérieur - Entre la haie et le pommier	49,4µT	51,4 µT
5	Serge DUFRESNES	52 clos des dunes 14810 MERVILLE FRANCEVILLE	Extérieur - Terrasse côté rue	48,3 µT	48,8 µT
			Extérieur - Terrasse côté allée	47,9 µT	47,9 µT
6	Claudine CHAUMIER	Résidence CLOS DES DUNES route de Cabourg 14810 MERVILLE-	Extérieur - Derrière le chalet côté rue	47,9 µT	49,6 µT
7	Jocelyne et Daniel ANQUETIL	2 rue du Belvédère 14860 BREVILLE LES MONTS	Extérieur - Au coin du jardin côté rue	47,6 µT	47,7 µT
			Intérieur - Salon - Dans le coin de la pièce côté rue	49,8 µT	50,3 µT

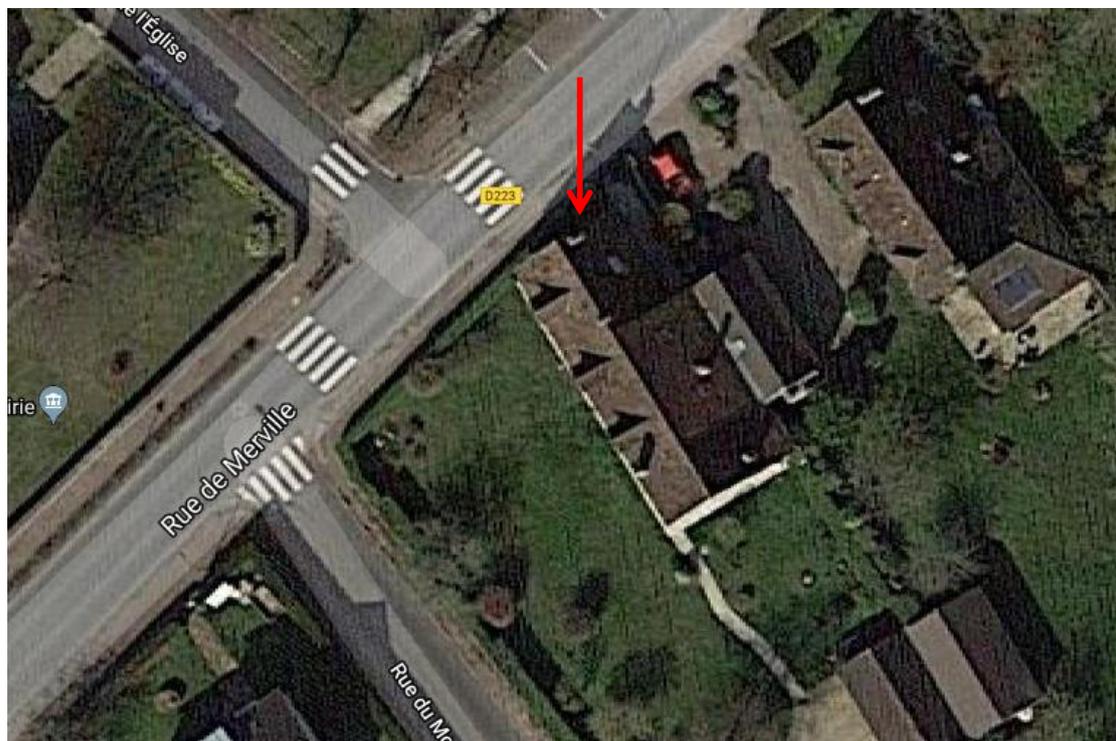
N° Riverain	Nom	Adresse	Lieux de mesures	Valeurs de mesures en 2018	Valeurs de mesures en 2021
8	Stéphanie DELENTE	2 chemin du marais 14810 MERVILLE FRANCEVILLE	Intérieur - Salon côté rue	48,7 µT	47,7 µT
			Extérieur - Devant la haie aligné sur la maison	48,9 µT	48,8 µT
9	Carine BERTHOME et Matthieu BOUTELET	2 rue de Descanneville 14810 MERVILLE FRANCEVILLE	Intérieur - Dans le bâtiment le long de la route	47,7 µT	49,2 µT
			Extérieur - Devant la clôture aligné sur le bâtiment principal	47,7 µT	48,8 µT
			Intérieur - Dans le bâtiment principal côté rue	48,3 µT	46,3 µT
10	Didier BOUCLE	1 rue de Merville 14860 BREVILLE LES MONTS	Extérieur - Limite de propriété - A gauche du portail face à la maison	48,1 µT	49,2 µT
			Intérieur - Dans le coin du salon - Au plus près de la route	48,6 µT	48,0 µT
11	M. CHAMPERT	7 impasse des Charmilles 14810 MERVILLE FRANCEVILLE	Extérieur - Dans le jardin	-	47,2 µT
12	Céline RICHE	89 bis route de Cabourg 14810 MERVILLE FRANCEVILLE	Extérieur - Dans le jardin à côté du mur limite de propriété - Aligné sur la façade arrière	47,9 µT	47,5 µT
13	Audrey LAINE	10 route de Merville 14860 BREVILLE LES MONTS	Extérieur - A gauche portail - Entre la haie et l'arbre	48,6 µT	47,7 µT
			Intérieur - Cuisine - Devant l'évier	48,1 µT	46,7 µT

N° Riverain	Nom	Adresse	Lieux de mesures	Valeurs de mesures en 2018	Valeurs de mesures en 2021
14	Angélique SERVENTI et Damien LEBOSSÉ	5 rue de Descanneville 14810 MERVILLE FRANCEVILLE	Intérieur - Dans le hall d'entrée	48,8 µT	48,8 µT
			Extérieur - Parking - Devant le muret aligné sur le centre du garage	49,0 µT	49,1 µT
15	Olivier LEPLEY	2 rue des Colverts 14810 MERVILLE FRANCEVILLE	Domaine public - Trottoir - Devant le coffret électrique	48,3 µT	51,3 µT
			Extérieur - Coin avant droit de la maison	49,4 µT	48,8 µT
			Extérieur - Au coin de la terrasse côté jacuzzi	47,8 µT	48,4 µT
			Intérieur - Cuisine côté rue	47,8 µT	48,3 µT ¹
16	Alfred DEL FAVERO	3 Impasse des Charmilles 14810 MERVILLE FRANCEVILLE	Extérieur - Coin du jardin côté pommier	49,1 µT	47,7 µT ²
			Intérieur - Salle à manger devant la baie vitrée	49,4 µT	46,7 µT

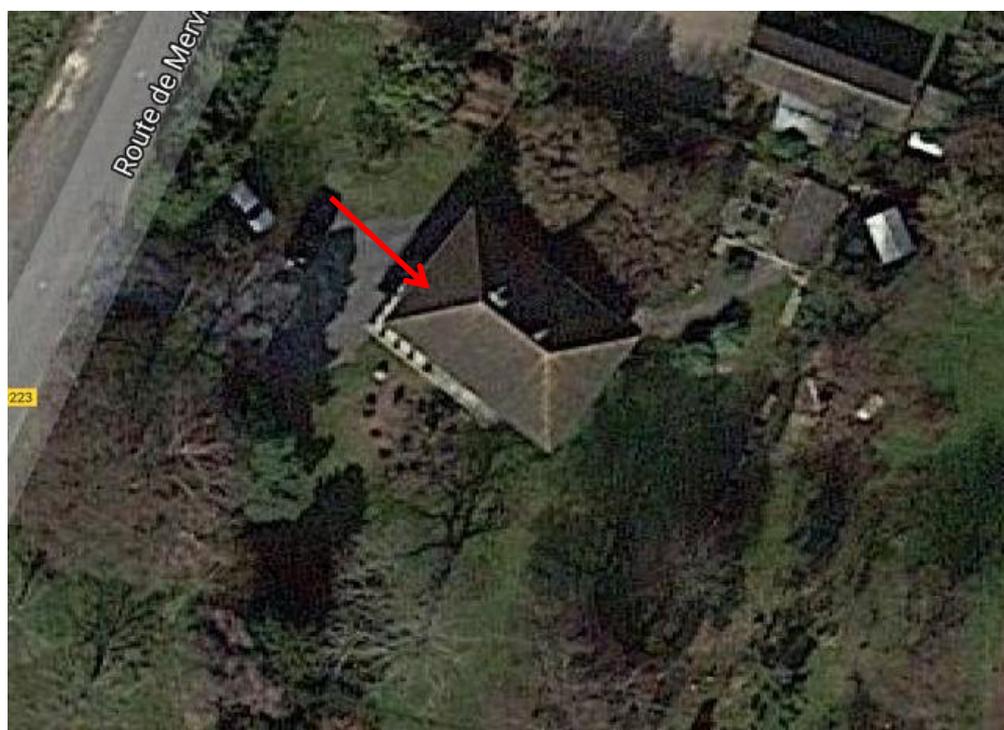
¹ La mesure à l'intérieur de la cuisine n'a pas été reproduite en 2021, à la place, un relevé en extérieur derrière la cuisine a été effectué. La proximité des lieux des mesures rend ces deux contrôles comparables.

² En 2018, la mesure avait été réalisé dans le jardin de monsieur Clabaux, derrière la haie au plus près de la route. En 2021, vu le très récent engazonnage du jardin, nous avons choisi de faire la mesure de l'autre côté de la haie (sur le trottoir).

Plan riverain 1 - Liliane Leseur-Gance



Plan riverain 2 - Yvette Lecouturier



Plan riverain 3 - M Tillard et Mme Madeleine



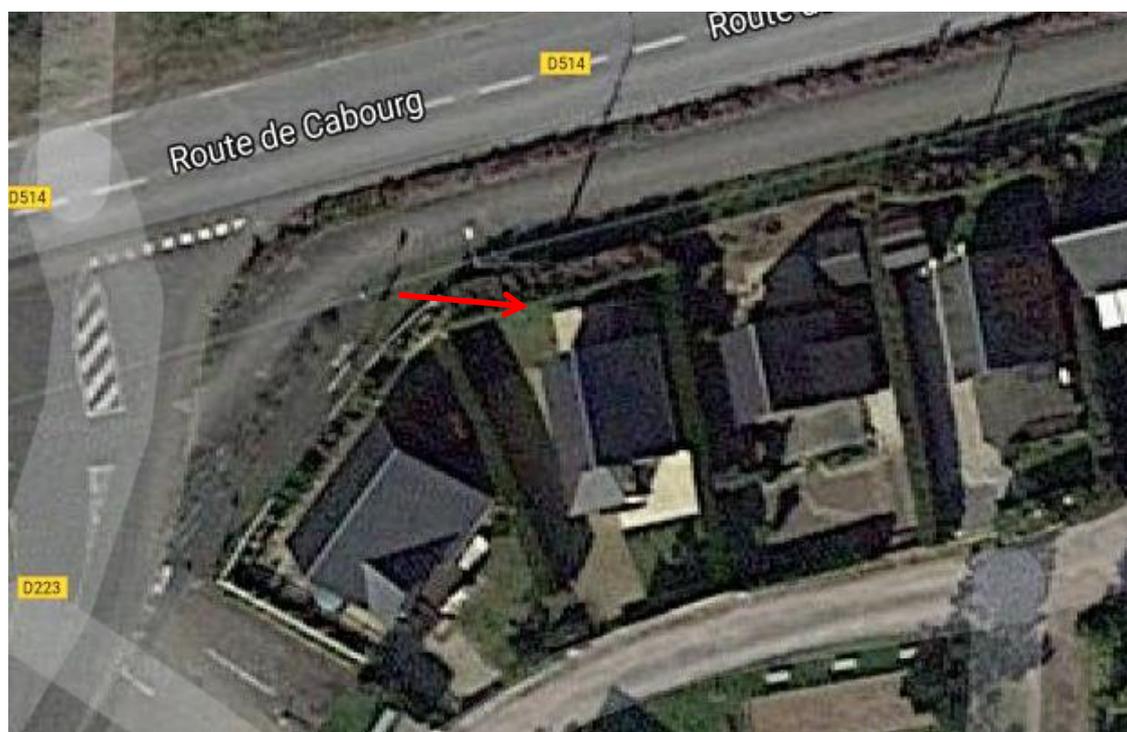
Plan riverain 4 - Danielle Clabaux



Plan riverain 5 - Serge Dufresnes



Plan riverain 6 - Claudine Chaumier



Plan riverain 7 – Jocelyne et Daniel Anquetil



Plan riverain 8 – Stéphanie DELENTE



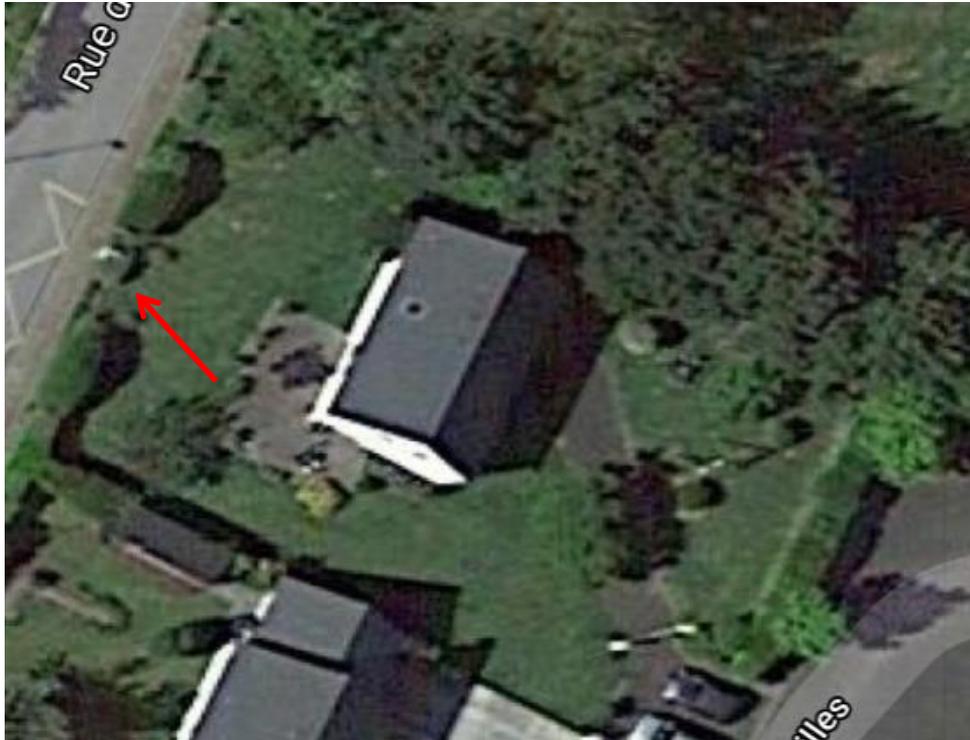
Plan riverain 9 - Carine Berthome et Matthieu Boutelet



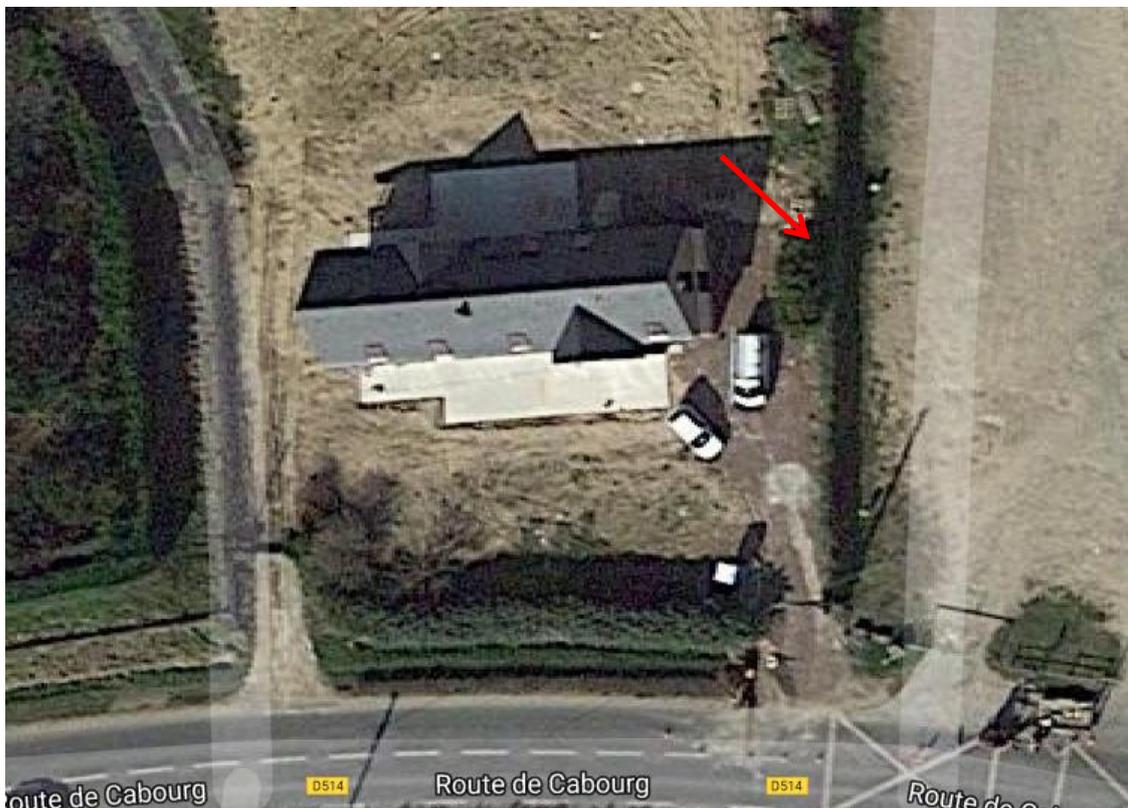
Plan riverain 10 - Didier Boucle



Plan riverain 11 – M. Champert



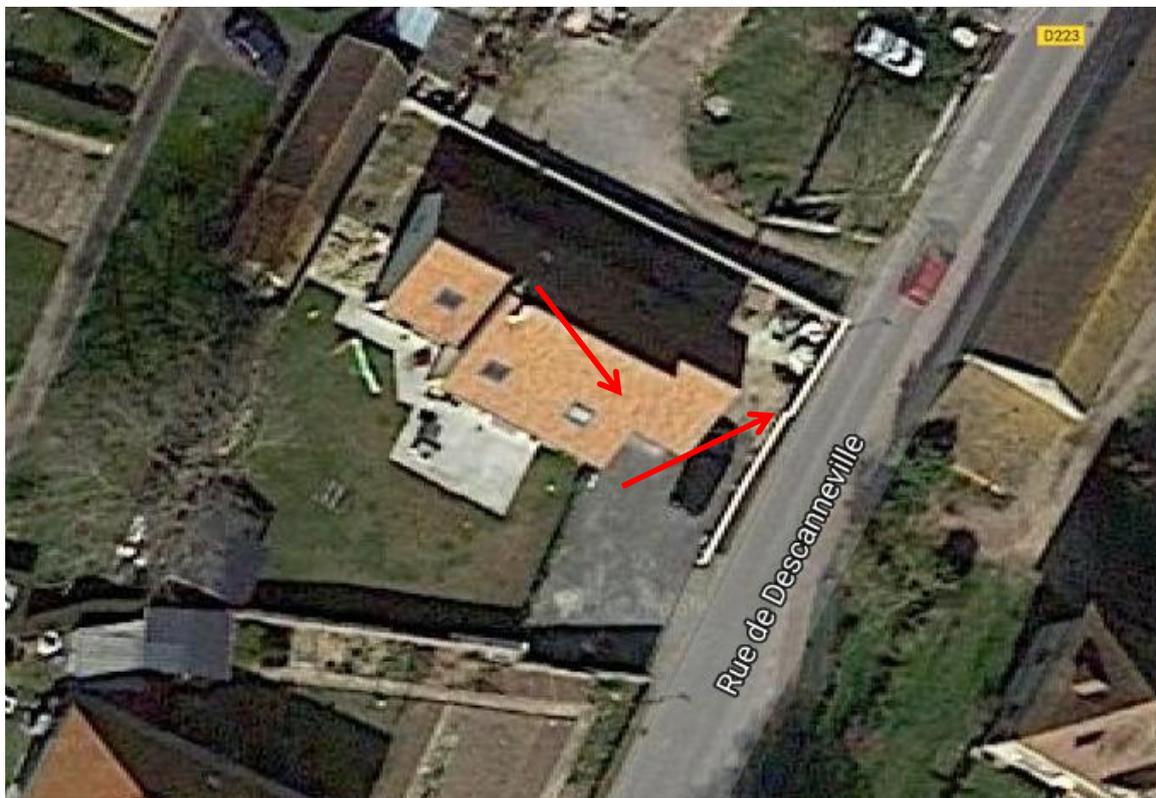
Plan riverain 12 - Céline Riche



Plan riverain 13 - Audrey Laine



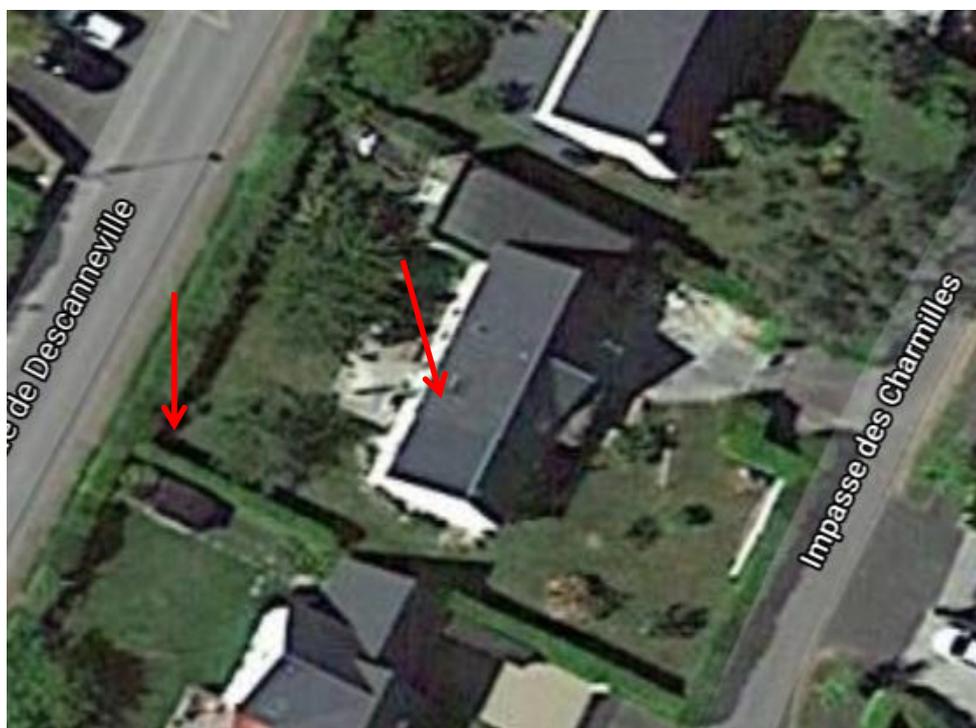
Plan riverain 14 – Angélique Serventi et Damien Lebosse



Plan riverain 15 - Olivier Lepley



Plan riverain 16 - Alfred Del Favero



7. OBSERVATIONS

La première campagne de mesure de 2018 avait confirmé l'absence de source de champ magnétique statique autre que le champ magnétique terrestre. La nouvelle série de relevés prévue après mise en service de l'interconnexion avait pour but de vérifier le respect des normes en vigueur et de montrer l'impact de la ligne sur l'exposition des riverains au champ magnétique statique.

Pour ce faire, dans le cas des mesures dans le domaine public, nous avons d'une part cherché les valeurs maximales (à l'aplomb de la liaison) mais également réalisé des relevés en bord de voirie. Cette campagne en 42 lieux de mesures montre des valeurs maximales de 137,8 μT à quelques centimètres du sol et de 87,8 μT à environ 1,5m du sol dans les deux cas sur le parking du site d'atterrage. Globalement, les valeurs sont plus élevées en milieu agricole que dans les quartiers résidentiels, cela pourrait s'expliquer par des profondeurs de pose différentes suite à la présence d'autres prestataires sous les voiries (gaz, eau, ...).

Ces résultats sont nettement inférieurs aux limites imposées par le décret n° 2002-775 du 2 mai 2002 qui dans le cas des champs magnétiques limite l'exposition du public à 40 000 μT . Cette valeur maximale de 137,8 μT représente 0,34% de la norme.

Les mesures chez les riverains ont montré de façon quasi systématique des valeurs du même ordre de grandeur qu'en 2018, c'est-à-dire des résultats conforme au champ magnétique terrestre. Pour l'un ou l'autre point, nous constatons des résultats légèrement supérieurs à 50 μT car la limite de propriété est proche du lieu d'implantation de l'interconnexion mais cela est anecdotique au regard des niveaux limites.

L'ensemble des mesures a permis de constater que l'influence de la ligne sur l'exposition des riverains est limitée. Il apparait que le couloir dans lequel le champ magnétique statique est supérieur à la composante terrestre n'est que de quelques mètres, les diverses mesures présentées dans ce rapport et d'autres mesures complémentaires ont montré qu'au-delà de 3-4 m, le champ magnétique produit par la liaison IFA2 est inexistant.

Comme le montre le tableau 4, il existe des différences pouvant atteindre quelques pourcents entre les mesures du champ magnétique terrestre de 2018 et celles de 2021. Il est compréhensible de ne pas avoir rigoureusement les mêmes valeurs entre les deux séries de mesures, nous n'étions pas en condition de laboratoire, et hormis les bruits de fond et la sensibilité des appareils de mesures, la reproduction exacte des conditions de mesures est impossible (modification de l'environnement, présence de matériaux ferromagnétique, orientation, trafic routier, ...).

8. CONCLUSIONS

Au total, nous avons réalisé plusieurs campagnes de mesures à la fois sur le domaine public et dans les habitations ou jardins des riverains de l'installation IFA2. La totalité des mesures de champ magnétique statique réalisées sont très largement inférieures au niveau limite de 40 000 μT imposé sur le territoire français, la valeur maximale mesurée toutes séries de mesures confondues est de 137,8 μT ce qui ne représente que 0,34% des niveaux de référence.

Annexe 1

METROLAB

CERTIFICATE OF CALIBRATION

No: 00002391709

We certify that the following instruments meet or exceed the published electrical specifications at the points tested. All measurements are traceable to national or international standards or have been derived from approved radio techniques. Calibration as per manufacturer calibration instruction No. 21037.

INSTRUMENTS	Serial Number	Date of calibration
THM 1176 Low-Field Hall Teslameter	0000239	September 20, 2017

STANDARDS USED	Serial Number	Calibration Certificate
Precision Digital Integrator: Metrolab Technology PDI5025	80013	800131708

Notes:

The calibration results are traceable to National Standards which are consistent with the recommendations of the General Conference on Weights and Measures (CGPM), or to standards derived from natural constants, or to standards relying on ratio measurements with self-calibrating technique for their calibration. If a National Standard is not available, the result is traceable to the Reference Standard of Metrolab Technology SA. Die Ergebnisse der Kalibrierung sind auf Nationale Normale, die den Empfehlungen der Generalkonferenz für Mass und Gewicht (CGPM) entsprechen oder auf Normale rückführbar, die von Naturkonstanten abgeleitet sind oder deren Kalibrierung auf Verhältnismessungen mit Selbstkalibriertechnik beruhen. Wenn kein Nationales Normal vorhanden ist, ist das Ergebnis auf das Bezugsnormale (Kontrollnormal) der Metrolab Technology SA rückführbar.

The recommended confirmation interval is 18 months. This shall be regarded as a recommendation. The real definition of the confirmation interval should be made by the user. The type of application and the environmental conditions should be taken into account.

Der empfohlene Bestätigungsintervall beträgt 18 Monaten. Dies ist eine Empfehlung. Die eigentliche Festlegung des Bestätigungsintervalls soll durch den Benutzer erfolgen. Dabei sollen die Art der Benutzung und die Umgebungsbedingungen berücksichtigt werden.

Tested by:

David OVERNEY



Calibration Report

Unit under test :	THM 1176 Low-Field Hall Teslameter	
Serial Number :	0000239	
Certificate Number :	00002391709	
Temperature :	25 ± 5 [°C]	
Humidity :	< 75%	
Date :	20 September 2017	
Test results :	Pass	Issued for : MICROTRON N.V.

Measurement Results

Procedure	Standard [uT]	Uncertainty [uT]	Measurement [uT]	Std. Deviation [uT]	Max. Deviation [uT]	Tolerance [uT]
Measured Axis: X	8'898.26	0.89	8'901.91	6.31	15.38	20
Off-Axis 1: Y			15.77			
Off-Axis 2: Z			17.79			
Measured Axis: Y	8'899.85	0.89	8'908.14	6.86	15.17	20
Off-Axis: X			4.24			
Off-Axis: Z			6.62			
Measured Axis: Z	8'898.85	0.89	8'906.14	7.35	19.57	20
Off-Axis: X			37.50			
Off-Axis: Y			8.25			

Annexe 2



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

CERTIFICATE OF CALIBRATION

Number **21/06038**

Page 1 of 4 pages

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

WAVECONTROL

ITEM	EM Field Meter + Isotropic DC/AC Magnetic Field Probe
BRAND	Wavecontrol
MODEL	Meter: SMP2 Probe: WPH-DC
IDENTIFICATION	Meter: 18SN0891 Probe: 18WP150041
APPLICANT	ISSEP rue du Chera, 200 4000 Liège (Belgium)
DATE/S OF CALIBRATION	04/02/2021

Authorized Signatories:

Date of issue: 05/02/2021

Álvaro Granero
Laboratory Technician

Document certifiées par
ALEJANDRO CLUSA
MORENO - DNI 46740222K.
Digitally signed by
ALEJANDRO CLUSA
MORENO - DNI
46740222K
Date: 2021.02.05 12:58:03
CET
Reason: Wavecontrol
Location: Barcelona

Laboratory Director

This certificate is issued in accordance with the conditions of accreditation granted by ENAC, according to standard ISO 17025, which has assessed the measurement capability of the laboratory and its traceability to national and international standards. ENAC is one of the signatories of the Multilateral Agreement of the European Cooperation for Accreditation (EA) and the International Laboratories Accreditation Cooperation (ILAC). This Certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of Wavecontrol.

Remarque : ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut.

Rapport n° 1403 / 2021 page 66/71

Measurement:

The calibration of a magnetic field meter is done by introducing the probe into a nearly uniform magnetic field of known magnitude and direction.

A Helmholtz coil system is used to generate the DC and low frequency nearly uniform magnetic field needed.

A permanent magnetic is used to generate one point of high intensity DC field.

The probe is positioned on a low reflectivity mount inside the nearly uniform field area. The probe axis under test is placed perpendicular to the direction of the magnetic field.

Three calibration parameters are obtained:

1- Correction factor (CF)

For each measurement, the input power to the test facility is adjusted so that the actual field strength is set to a specific value. The field strength indicated by the probe under calibration is then read and the correction factor calculated using the following definition:

$$CF = \frac{\text{Actual Field Strength}}{\text{Indicated Field Strength}} \quad CF^2 = \frac{\text{Actual Power Density}}{\text{Indicated Power Density}}$$

The indicated field strength must be multiplied by the appropriate correction factor to give the actual field strength.

2- Linearity

The linearity can be calculated as the variation of the Correction Factor as a function of the field strength applied to the probe for a frequency value.

3- Frequency response

The frequency response can be calculated as the variation of the Correction Factor as a function of the frequency for a fixed field value applied to the probe.

Traceability:

Swarzbeck Mess – Elektronik
PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt)
Metaltest
LME – CIRCE
AT4 Wireless
Siemsa-Trescal

This Certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of Wavecontrol.

Reference standards:

IEC 61786-1:2013 "Measurement of DC magnetic, AC magnetic and AC electric fields from 1 Hz to 100 kHz with regard to exposure of human beings - Part 1: Requirements for measuring instruments".

Uncertainties:

The uncertainty of calibration for this device is as follows:

DC:	± 3.03 %
5 Hz - 3 kHz:	± 2.56 %
3 - 4 kHz:	± 2.65 %

The measurement uncertainties above apply only when the probe is supported in a low reflectivity mount. The user should be aware of the effects of reflections from nearby objects, including human body, and should allow additional measurement uncertainties accordingly.

The reported expanded uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor $k = 2$, providing a level of confidence of approximately 95 %. The uncertainty evaluation has been carried out in accordance with the EA-4/02 document.

Environmental conditions:

Humidity	Temperature
(44.1 ± 0.3) % rH	(23.3 ± 0.2) °C

The uncertainties refer to the measured devices only. They relate to the on-the-day values and make no allowance for drift or operation under other environmental conditions.

Procedure:

PC-1207 – Calibration of ELF magnetic field probes in the range 0Hz & 10 Hz - 200 kHz.
PC-1208 – Calibration of DC magnetic field probes

Calibration engineer: Álvaro Granero

This Certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of Wavecontrol.

Results:

The correction factors (CF) for the requested calibration points are shown below.

The correction factors for each axis and the average correction factor are given. This average correction factor must be applied to the measured value for the total field.

The average correction factor is the arithmetic mean of the correction factors for the three axis.

The correction factors given below must be multiplied by the measured value for the field in order to obtain the actual field value:

Linearity - DC field										
SMP2 Measurement Mode: DC										
Frequency (Hz)	Applied Field (µT)			Measured Field (µT)			Correction Factor			
	X axis	Y axis	Z axis	X axis	Y axis	Z axis	X axis	Y axis	Z axis	Mean
DC	507.3	503.9	505.2	506.5	504.5	506.0	1.00	1.00	1.00	1.00
DC	1 009.0	1 007.2	1 000.1	1 006.9	1 006.0	1 002.8	1.00	1.00	1.00	1.00
DC	5 003.5	5 048.8	5 040.1	4 996.3	5 046.0	5 049.8	1.00	1.00	1.00	1.00
DC	10 071.6	10 082.7	10 055.4	10 068.9	10 077.5	10 086.6	1.00	1.00	1.00	1.00
DC	39 994.2	39 985.4	40 001.5	39 960.4	39 952.3	40 095.4	1.00	1.00	1.00	1.00
DC	79 855.6	80 165.5	80 046.4	79 680.0	80 052.6	80 181.8	1.00	1.00	1.00	1.00
DC	722 160	-	722 160	719 200	-	721 900	1.00	-	1.00	1.00

Frequency response										
SMP2 Measurement Mode: AC										
Frequency (Hz)	Applied Field (µT)			Measured Field (µT)			Correction Factor			
	X axis	Y axis	Z axis	X axis	Y axis	Z axis	X axis	Y axis	Z axis	Mean
10.0	999.4	999.5	999.7	1 003.0	1 003.7	1 006.4	1.00	1.00	0.99	1.00
50.0	1 000.4	1 000.1	1 000.5	998.7	999.0	1 001.3	1.00	1.00	1.00	1.00
100.0	1 000.1	1 000.0	1 000.0	998.7	998.6	999.9	1.00	1.00	1.00	1.00
500.0	1 000.9	1 001.1	1 000.9	999.3	998.6	997.7	1.00	1.00	1.00	1.00
1 000.0	200.1	200.1	198.1	199.9	199.7	197.4	1.00	1.00	1.00	1.00
2 000.0	200.0	200.0	200.0	200.3	200.1	199.8	1.00	1.00	1.00	1.00
4 000.0	199.9	199.9	199.9	201.2	201.1	200.8	0.99	0.99	1.00	0.99

Y axis can not be calibrated at 722.16 mT due to the physical impossibility of aligning this axis with the field produced with the permanent magnet.

This Certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of Wavecontrol.

Annexe 3

Flux IFA 2 – 03/06/2021

00:00 - 01:00	1,014.000	296.000	718.000	FRGB
01:00 - 02:00	1,014.000	296.000	718.000	FRGB
02:00 - 03:00	1,014.000	297.000	717.000	FRGB
03:00 - 04:00	1,014.000	296.000	718.000	FRGB
04:00 - 05:00	1,014.000	296.000	718.000	FRGB
05:00 - 06:00	1,014.000	297.000	717.000	FRGB
06:00 - 07:00	0.000	0.000	0.000	FRGB
07:00 - 08:00	0.000	0.000	0.000	FRGB
08:00 - 09:00	0.000	0.000	0.000	FRGB
09:00 - 10:00	1,014.000	0.000	1,014.000	FRGB
10:00 - 11:00	1,014.000	0.000	1,014.000	FRGB
11:00 - 12:00	1,014.000	0.000	1,014.000	FRGB
12:00 - 13:00	1,014.000	0.000	1,014.000	FRGB
13:00 - 14:00	1,014.000	0.000	1,014.000	FRGB
14:00 - 15:00	1,014.000	0.000	1,014.000	FRGB
15:00 - 16:00	1,014.000	105.000	909.000	FRGB
16:00 - 17:00	1,014.000	0.000	1,014.000	FRGB
17:00 - 18:00	1,014.000	0.000	1,014.000	FRGB
18:00 - 19:00	1,014.000	116.000	898.000	FRGB

Flux IFA 2 – 04/06/2021

Time (CET/CEST)	Aggregated Nominations [MW]		Netted Nominations [MW]	
	FRGB	GBFR	Flow	Direction
00:00 - 01:00	1,014.000	197.000	817.000	FRGB
01:00 - 02:00	1,014.000	247.000	767.000	FRGB
02:00 - 03:00	1,014.000	247.000	767.000	FRGB
03:00 - 04:00	1,014.000	247.000	767.000	FRGB
04:00 - 05:00	1,014.000	247.000	767.000	FRGB
05:00 - 06:00	1,014.000	247.000	767.000	FRGB
06:00 - 07:00	936.000	372.000	564.000	FRGB
07:00 - 08:00	945.000	328.000	617.000	FRGB
08:00 - 09:00	1,039.000	275.000	764.000	FRGB
09:00 - 10:00	1,014.000	0.000	1,014.000	FRGB
10:00 - 11:00	1,014.000	0.000	1,014.000	FRGB
11:00 - 12:00	1,013.000	0.000	1,013.000	FRGB
12:00 - 13:00	1,014.000	0.000	1,014.000	FRGB
13:00 - 14:00	1,014.000	0.000	1,014.000	FRGB
14:00 - 15:00	1,014.000	0.000	1,014.000	FRGB
15:00 - 16:00	1,014.000	5.000	1,009.000	FRGB
16:00 - 17:00	1,014.000	5.000	1,009.000	FRGB
17:00 - 18:00	1,014.000	0.000	1,014.000	FRGB
18:00 - 19:00	1,014.000	0.000	1,014.000	FRGB

Flux IFA 2 – 05/06/2021

Time (CET/CEST)	Aggregated Nominations [MW]		Netted Nominations [MW]	
	FRGB	GBFR	Flow	Direction
00:00 - 01:00	1,014.000	148.000	866.000	FRGB
01:00 - 02:00	1,014.000	197.000	817.000	FRGB
02:00 - 03:00	1,014.000	246.000	768.000	FRGB
03:00 - 04:00	1,014.000	246.000	768.000	FRGB
04:00 - 05:00	1,014.000	246.000	768.000	FRGB
05:00 - 06:00	1,014.000	246.000	768.000	FRGB
06:00 - 07:00	1,014.000	246.000	768.000	FRGB
07:00 - 08:00	1,014.000	246.000	768.000	FRGB
08:00 - 09:00	1,014.000	148.000	866.000	FRGB
09:00 - 10:00	1,014.000	148.000	866.000	FRGB
10:00 - 11:00	1,014.000	178.000	836.000	FRGB
11:00 - 12:00	1,014.000	148.000	866.000	FRGB
12:00 - 13:00	1,013.000	148.000	865.000	FRGB
13:00 - 14:00	1,014.000	147.000	867.000	FRGB
14:00 - 15:00	1,014.000	148.000	866.000	FRGB
15:00 - 16:00	1,014.000	148.000	866.000	FRGB
16:00 - 17:00	1,014.000	148.000	866.000	FRGB
17:00 - 18:00	1,014.000	99.000	915.000	FRGB
18:00 - 19:00	1,014.000	0.000	1,014.000	FRGB