

Étude Technique Urba 399^U

Compatibilité GSMR avec
les installations solaires
photovoltaïques - site



DATE: 03/02/2023

DOCUMENT VERSION: 1.1

Contacts:

Hakim TOUMERT – hakim.toumert@axians.com

Sylvain JUNIQUE – sylvain.junique@axians.com

Table of contents

1	Contexte / Objectif.....	4
2	Documentation et Données d’entrées.....	4
3	Outils.....	5
4	Acronymes.....	5
5	Périmètre et caractéristiques techniques.....	7
5.1	Localisation géographique de la zone.....	7
5.1.1	Vu sous GE – Zone d’implantation du Projet solaire URBA 399 Sauzé-Vaussais.....	7
5.1.2	Plan de masse de la centrale solaire de Sauzé-Vaussais.....	8
5.2	Description générale de la centrale solaire de Sauzé-Vaussais.....	9
5.2.1	Structure des modules photovoltaïques.....	9
5.2.2	Composition et caractéristiques de la centrale :.....	10
5.2.3	Traitements des constructions.....	10
5.3	Caractéristiques techniques de la couverture GSMR sur la zone.....	11
5.3.1	Détails de la ligne.....	11
5.3.2	Couverture radio GSMR.....	13
5.3.3	Qualité radio (QoS).....	14
6	Analyse risque dégradation / interférence (CEM).....	15
6.1	Configuration du Parc Photovoltaïque.....	16
6.2	Étude Électromagnétique des équipements du système Photovoltaïque....	17
6.2.1	Panneaux et modules Photovoltaïques.....	17
6.2.2	Onduleurs.....	17
6.2.3	Poste de transformation :.....	19
6.2.4	Poste de Livraison :.....	20
6.2.5	Les câbles / liaisons électriques.....	20
6.2.6	Bilan : Équipements du parc Photovoltaïque.....	20
6.3	Étude Électromagnétique des autres équipements installés sur la Parc.....	21

6.3.1	Interfaces locales	22
6.3.2	Interfaces extérieures (avec le centre de contrôle / supervision)	22
6.3.3	Interfaces système anti-intrusion	22
6.4	Bilan de l'étude concernant le risque d'interférence / perturbations électromagnétiques.....	23
7	Analyse préventive -Compatibilité GSMR	24
7.1	Impact Couverture radio	24
7.2	Impact PEF.....	25
7.3	Impact Qualité	25
8	Conclusion de l'étude d'impact	26

1 Contexte / Objectif

Le projet de centrale photovoltaïque au sol de SAUZE VAUSSAIS consiste à réaliser une centrale solaire photovoltaïque au sol pour la production d'électricité utilisant l'énergie radiative du soleil. Le site sur lequel la centrale est envisagée se situe sur la commune de Sauzé-Vaussais, le long de la LGV SEA TOURS - BORDEAUX.

Le terrain d'implantation est bordé à l'Ouest par ligne Grande Vitesse n° 566000 entre les PK 150,5 et 150,8, le long de la ligne Grande Vitesse n°566000 (10000SEA).

Le site BTS GSM-R appelé PCA_SAUZE VAUSSAIS assure actuellement la couverture radio sur cette zone. Ce site est maintenu et exploité par MESEA dans le cadre de la couverture de la ligne LGV SEA.

L'objet de cette étude est de vérifier que l'implantation de la centrale solaire photovoltaïque ne présente pas de risque de dégradation ou de perturbation du réseau GSM-R.

L'étude consiste en premier lieu à vérifier le fonctionnement radio (couverture, respect PEF) actuel du GSM-R et par la suite réaliser une analyse préventive sur la zone de Sauzé-Vaussais afin de détecter les éventuels risques de dégradations qualités sur le réseau GSM-R.

2 Documentation et Données d'entrées

L'étude s'appuie sur la documentation de référence suivante :

- **Documentation SEA (COSEA)**
 - o Note Technique –GTIES-CT006-D0 (DESIGN RADIO GSMR SEA - LIGNE 566000)
 - o PROGRAMME D'EXPLOITATION FERROVIAIRE GSM-R : GTINXCT007_G0_PEF.pdf
 - o Rapport Essais
 - Non dégradation (SNCF) : LGV SEA - Rapport Non-dégradation V5.1
 - Rapport recettes radio COPGV-RR810-A2 GSM-R GV
- **Fichiers de mesures ROMES** réalisés en train de mesure sur la LGV
 - o Mesure LGV SEA Mai 2017
 - ✓ 20170530_10h00_VEndome_Bordeau_IRIS320-SK_CWBrutes - 100m
 - ✓ 20170530_13h30_Bordeau_Pk62_IRIS320-SK_CWBrutes - 100m
- **Données URBA 399**
 - o 4266_CS_SAUZE-VAUSSAIS_Carte Localisation.pdf
 - o URBA 399_Projet photovoltaïque au sol de SAUZE VAUSSAIS_PC2.3 - Plan masse technique.pdf

- URBA 399_projet photovoltaïque au sol de SAUZE VAUSSAIS_PC2-3_Plan masse technique A0.pdf
- Sauzé-Vaussais - Remblais LGV.kmz
- Spécification équipements :
 - PV LONGI
 - Longi LR5-72HIH (ID 108544).pdf
 - Transfo MATELEC & CAHORS
 - 2000 KVA - 800V - 20.75 Matelec (ID 140259).pdf
 - 2500 KVA - 800V - 21 Cahors (ID 123155).pdf
 - Système anti-intrusion Optex
 - 02269 NOTICE INSTALLATION LOG-LK FR.EN.pdf (868Mhz)
 - 02285 NOTICE INSTALLATION PDL6000-LK FR.pdf (868Mhz et 2,4Ghz)
 - Onduleurs SUNGROW
 - Datasheet_SUNGROW SG250HX_DS_20201022_V1.2.6_EN (ID 18495).pdf
 - Routeur etictelcom
 - ETCI - routeur gamme IPL.pdf
- Autres sources
 - Analyse du risque sanitaire lié aux centrales photovoltaïques au sol - EFFETS DES CHAMPS ELECTROMAGNETIQUES (Etude IDE Environnement – Avril 2013)
 - Site internet : <http://www.photovoltaïque.info/>

3 Outils

Les outils et versions utilisés dans le cadre de cette étude sont :

- Atoll version 2.8.2 : logiciel de simulation de couverture
- Volcano version 3.4.2.7 (SIRADEL) : outil de calcul de la propagation
- SIG RMES – base du 10/04/2020 (SNCF Réseau) : ensemble des données GSM-R intégrées dans Google Earth

4 Acronymes

Dans le cadre de cette étude, plusieurs acronymes génériques sont utilisés. Ce chapitre regroupe les principales définitions nécessaires à la bonne compréhension de ce document

GSM-R / GSMR	Global System for Mobile Communications Railways
CEM	Compatibilité Electro-Magnétique
DCO	Distance de Couverture d'Obstacle
EIRENE	European Integrated Radio Enhanced Network (<i>i.e.</i> specifications radio GSM-R - UIC).

PEF	Programmes d'Exploitations Ferroviaires
PK	Point Kilométrique
PV	Photovoltaïque
ZAL	Zone d'Appel Local
ZAR	Zone d'Appel Régulateur
ZDA	Zone de Diffusion de l'Alerte Radio

5 Périmètre et caractéristiques techniques

5.1 Localisation géographique de la zone

5.1.1 Vu sous GE – Zone d’implantation du Projet solaire URBA 399 Sauzé-Vaussais

Les pylônes GSMR PCA_SAUZE VAUSSAIS se situe au PK 150,835 de la ligne grande vitesse n° 566000 (10000SEA) et couvre la ligne LGV à partir du PK 145,2 jusqu’au PK 152,8.

Le terrain d’implantation de la centrale solaire photovoltaïque se situe entre les PK 150,5 et 150,8 (300m) de la ligne grande vitesse n° 566000 (10000SEA). Il se trouve dans la zone de couverture du site GSM-R PCA_SAUZE VAUSSAIS

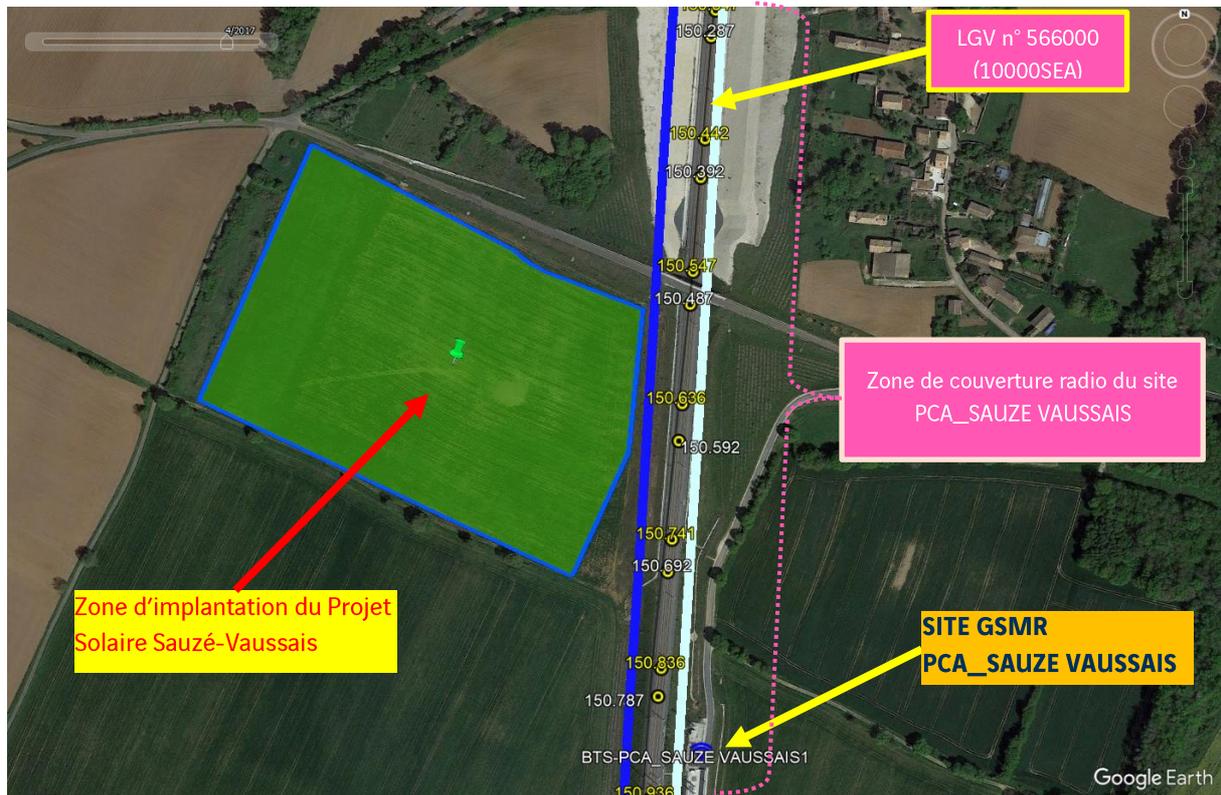


Figure 1 – Localisation de la zone d’implantation du Projet Solaire Sauzé-Vaussais

Le site GSM-R le plus proche (PCA_SAUZE VAUSSAIS) est à une distance d'environ 170m de la centrale solaire URBA 399 de Sauzé-Vaussais.

Les sites GSMR encadrants sont :

- PCA_CHAUNAY SUD (au nord / PK 141,93 /Ligne N° 566000)
- PCA_SAUZE VAUSSAIS (au sud / PK 150,835 /Ligne N° 566000)

5.1.2 Plan de masse de la centrale solaire de Sauzé-Vaussais

La superficie clôturée du terrain est de 51325 m2.

Le terrain d'implantation de la centrale solaire URBA 399 Sauzé-Vaussais se situe à l'Est de la voie ferrée LGV 566000 (010000SEA).

L'ensemble des éléments qui constituent la centrale solaire photovoltaïque longe la voie ferrée sur une longueur estimée à 300m.



Figure 2 – Plan de Masse - Centrale Solaire Sauzé-Vaussais

5.2 Description générale de la centrale solaire de Sauzé-Vaussais

5.2.1 Structure des modules photovoltaïques

La centrale sera composée de structures fixes sur lesquelles seront fixés des modules photovoltaïques.

Le système appelé "fixtilt" – inclinaison 15° permet en orientant les structures au sud de capter le soleil durant la journée.

Les technologies solaires photovoltaïques utilisés est le silicium cristallin.

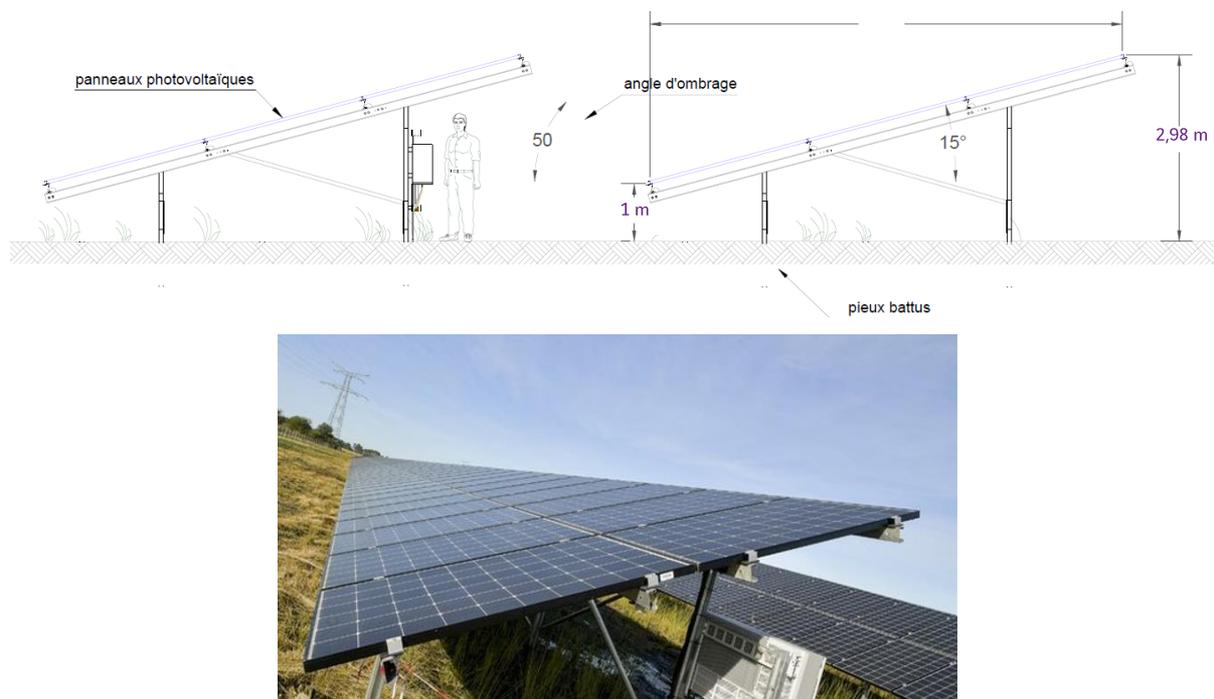


Figure 3 – Structure & Modules photovoltaïques (hauteur point haut 2,98m par rapport au sol)

Le nombre prévisionnel de panneaux à installer est de 9261 panneaux

- Ces rangées photovoltaïques sont faites par alignement de tables photovoltaïques composées dans leur largeur de 3 panneaux au format portrait de 3x9 panneaux.
- L'arrête inférieure des tables est à 1m du sol et l'arrête supérieure est à 2,98m du sol.

L'énergie produite par chaque table est centralisée dans des onduleurs dits de branche répartis sur la centrale, de manière à convertir le courant continu en courant alternatif.

L'énergie produite par chaque onduleur est ensuite collectée dans le poste transformateur pour être transformée en haute tension (20kV) et raccordée sur le réseau 20kV d'ENEDIS.

5.2.2 Composition et caractéristiques de la centrale :

Le projet de centrale solaire de Vouneuil-Sous-Biard présente les caractéristiques suivantes :

- 9261 Panneaux photovoltaïques
- 2 PTR avec un transformateur chacun, de puissance 2000 kVA et 2500 kVA
- 1 PDL
- 18 onduleurs de technologies décentralisés - avec une puissance de 250 kVA chacun

Concernant le réseau de communication interne pour les équipements auxiliaires (ex : caméra de supervision...alarmes et données techniques, vidéo...), celui-ci se fera via le réseau en filaire (liaison cuivre et/ou fibre optique) avec une liaison radio en dehors du lien vers la supervision (interface extérieure). Ce dernier utilisera le réseau 4G des opérateurs publics.

Le système anti-intrusion sera constitué de détecteurs de mouvements et de modules relais PDL 6000. Ces équipements fonctionnent sur la fréquence 868 Mhz avec une portée de 6 Km.

5.2.3 Traitements des constructions

L'ensemble des structures des tables est de type métallique galvanisé à chaud.

Les modules photovoltaïques sont composés de :

- Verre
- Silicium cristallin
- Membrane en sous face
- Cellules photovoltaïques

Le poste transformateur sera de type poste boccage béton de hauteur 3,80m par rapport au sol.

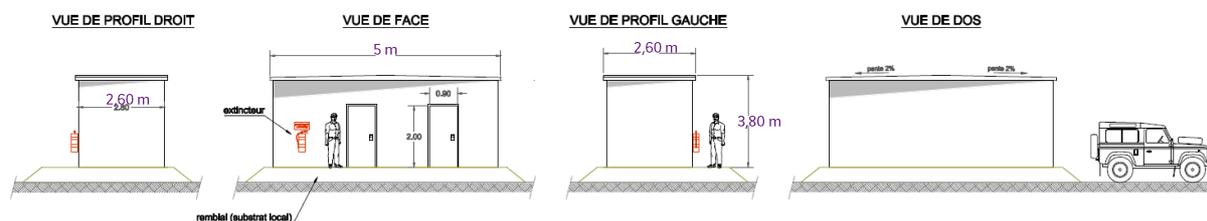


Figure 4 – Plan d'élévation- poste transformateur

5.3 Caractéristiques techniques de la couverture GSMR sur la zone

5.3.1 Détails de la ligne

La figure ci-dessous montre les caractéristiques de l'exploitation ferroviaires sur la ligne LGV n° 566000 autour de la zone d'implantation de la centrale solaire de Sauzé-Vaussais (PK 150,5 – 150,8).

Zone urbaine	
Zone intermédiaire	
Zone pleine voie	
Point particulier de traitement de la ZDA au raccordement (sera traité dans le chapitre 7)	
Km limite de ZAL	

Les ZDA doivent avoir une taille :

- Maximale correspondante au type de zone :
 - Zone pleine voie : 10 km
 - Zone intermédiaire : 6 km
 - Zone urbaine : 4 km
- Minimale de 2xDCO (Distance de Couverture d'Obstacle)

Selon l'IN 1513, il est pris pour hypothèse que :

VITESSE AU RACCORDEMENT	DCO
V ≤ 160 km/h	1500 m
160 km/h < V < 220 km/h	2000 m
V ≥ 220 km/h	2500 m

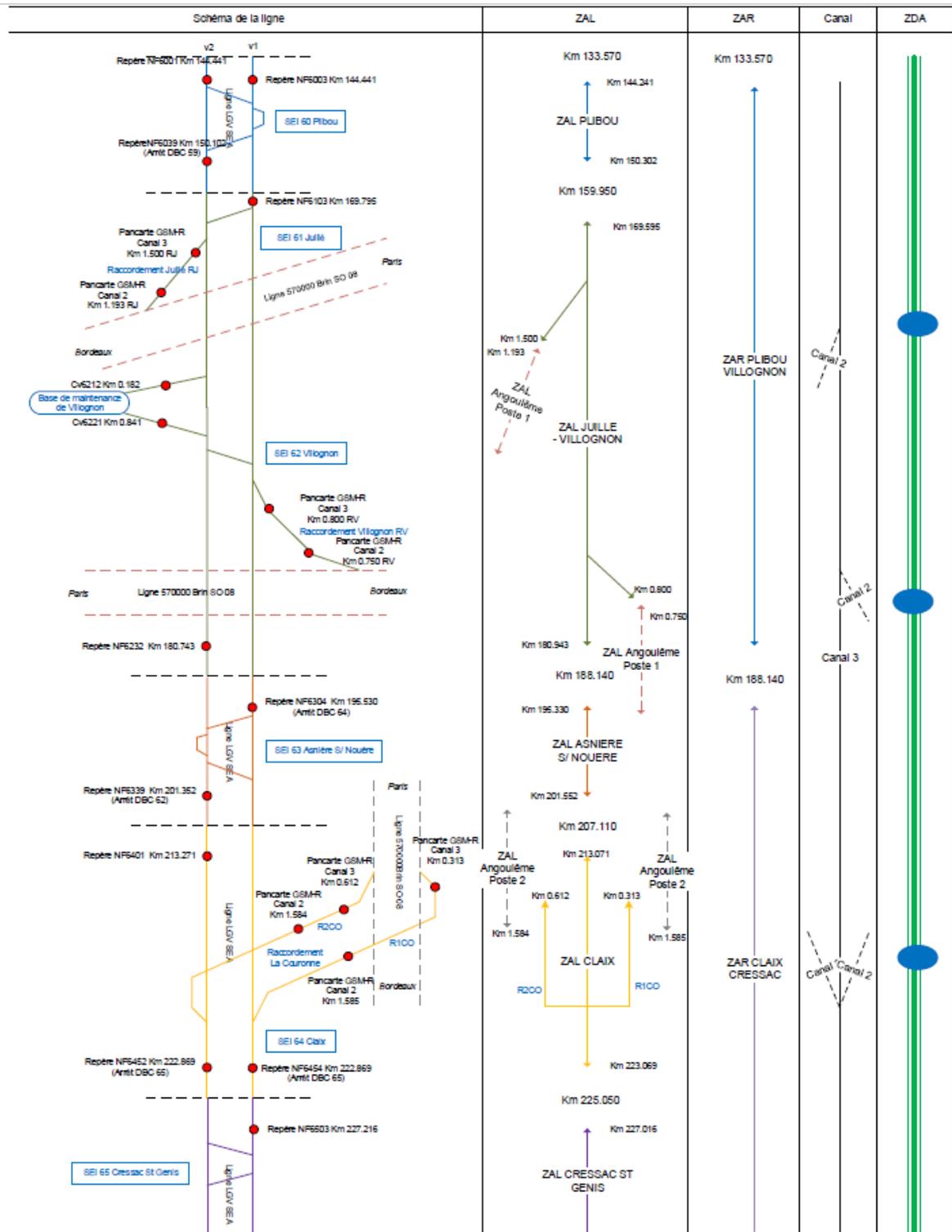


Figure 5 – Extrait Détails de la Ligne - PEF LGV-E Tours-Bordeaux

Compte tenu de la figure ci-dessus, les éléments PEF particuliers (type tolérances de limite ZAL/ZAR/ ZDA) sur la zone sont :

- La limite de tolérance ZAL Zone entre ZAL FONTAINE– MARCAY et ZAL PLIBOU de PK [122,900] au PK [144,241]
- La limite de tolérance ZAL Zone ZAL PLIBOU et ZAL JUILLE - VILLOGNON de PK [150,302] au PK [169,595]
- La limite de tolérance ZAR Zone ZAR FONTAINE – MARCAY et ZAR PLIBOU VILLOGNON de PK [122,900] au PK [144,241]
- La ZDA est de type pleine voie (LGV).

L'implantation de la centrale solaire de Sauzé-Vaussais se trouve une zone de sensibilité PEF à présence des limites de tolérances ZAL (entre la ZAL PLIBOU et ZAL JUILLE – VILLOGNON), toutefois la tolérance inter-ZAL est très étendue (PK [150,302] au PK [169,595]) et ne devrait être un facteur à risque.

5.3.2 Couverture radio GSMR

Le pylône du site GSMR PCA_SAUZE VAUSSAIS situé au sud PK 150,835 de la ligne LGV 566000 est à une distance d'environ 170m de la zone d'implantation des panneaux solaires photovoltaïques. Au nord de la centrale solaire, à 8,58 Km se trouve le site GSMR PCA_CHAUNAY SUD (PK 141,93).

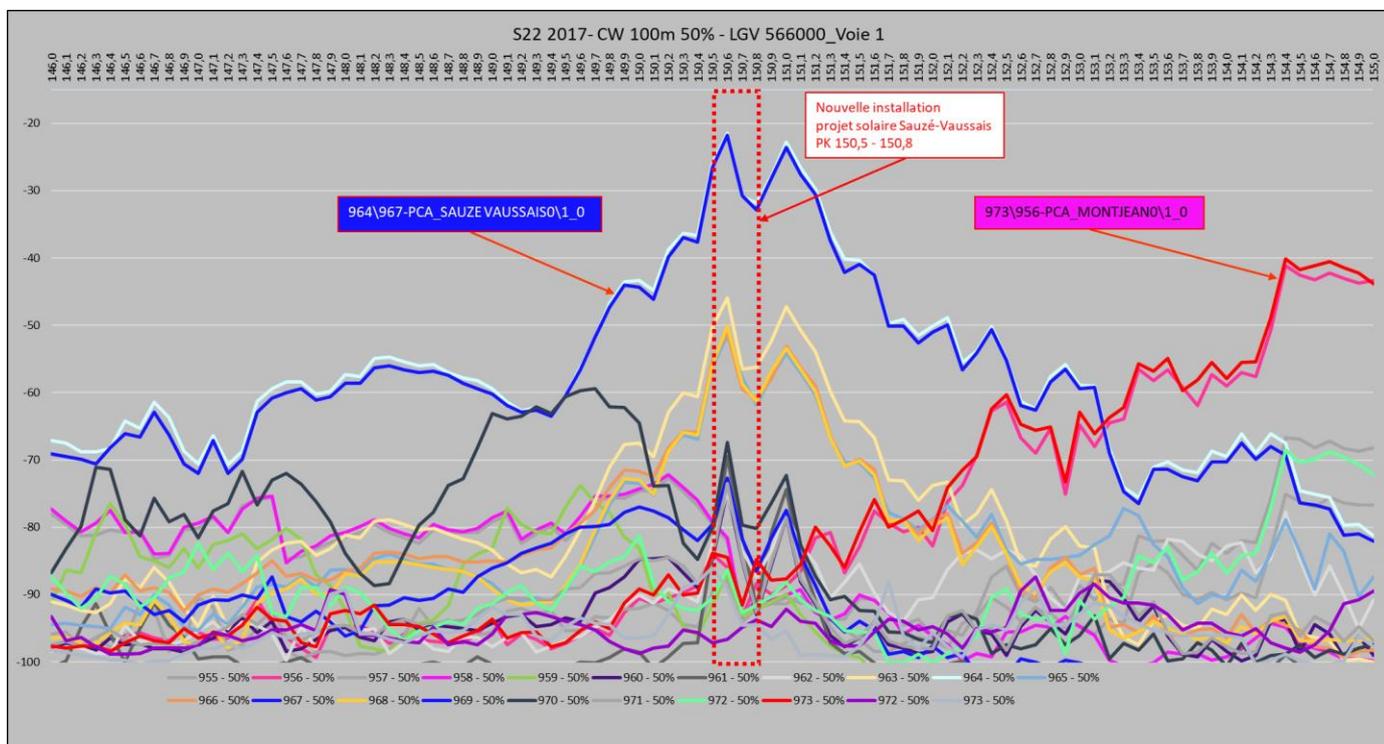


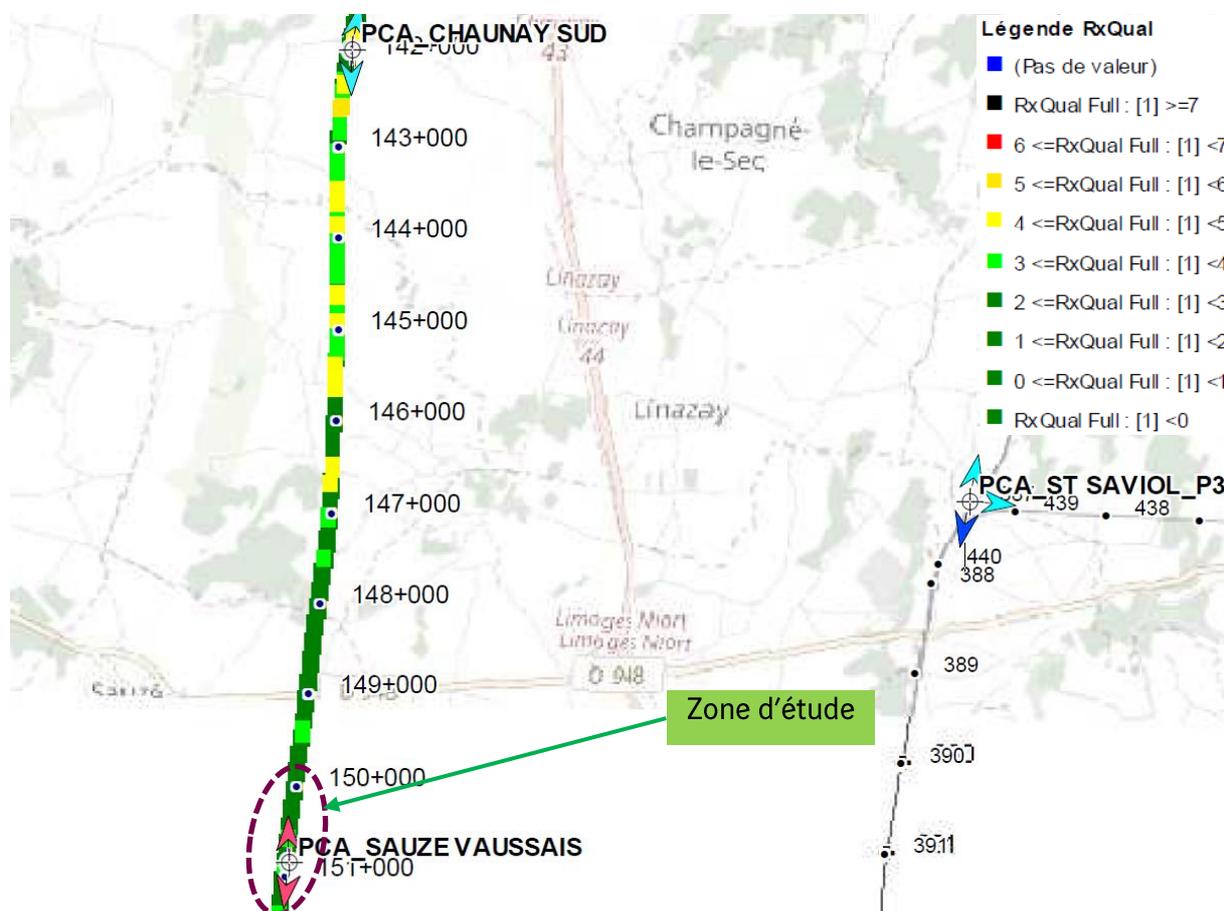
Figure 6 – Courbes CW mesures zone de Sauzé-Vaussais – LGV 566000_Voie 1

La zone d'installation du projet solaire photovoltaïque de Sauzé-Vaussais est couverte par les cellules GSM-R PCA_SAUZE VAUSSAIS01_0 avec un niveau de champ entre -25,94 dBm à -32,82 dBm.

Actuellement (en l'état) : Aucun risque de résurgence n'est connu sur cette zone.

5.3.3 Qualité radio (QoS)

Extrait tableau QoS issu



Pas de dégradation qualité constatée entre les PK 150 et 151 de la ligne LGV SEA LGV n° 566000 (SEA 010000).

La centrale solaire est située loin de la zone de handover entre les 2 cellules radio. Les valeurs des RxQual sont inférieures à 4.

6 Analyse risque dégradation / interférence (CEM)

Le risque de dégradation ou d'interférence du signal radio peut trouver son origine au travers de 2 éléments perturbateurs :

- Champ électrique
- Champ électromagnétique

Il convient ici de distinguer les sources de champs magnétiques et les sources de champs électriques. Alors que le champ magnétique est généré par le passage du courant, le champ électrique provient de l'accumulation de charges électriques, exprimée par la tension.

On peut classer les sources de champ magnétique 50 Hz en deux grandes familles :

- la première est celle des réseaux électriques. Leur champ magnétique est proportionnel au courant circulant dans les câbles. Il décroît à proportion du carré de la distance aux câbles ($1/d^2$).
- la deuxième famille est celle des sources localisées, qui comprend notamment tous les équipements électriques « actifs ». Leur champ magnétique dépend de la technologie de l'appareil, et n'est en général pas proportionnel au courant consommé. Il décroît à proportion du cube de la distance ($1/d^3$), ce qui le rend rapidement négligeable.

Cette étude ne constitue pas une analyse exhaustive du niveau de Compatibilité Électromagnétique (CEM) sur les installations ferroviaires, mais vise uniquement à apprécier le risque de dégradation ou de perturbation du signal radio GSM-R par les infrastructures de la centrale Photovoltaïque.

À noter :

- Les risque de champs électriques et électromagnétiques générés par les lignes électriques Haute Tension (ENEDIS) sont hors scope / périmètre de cette étude.
- Cette analyse s'appuie notamment sur l'étude réalisée concernant initialement les Risques sanitaires de Centrales photovoltaïques au sol. En effet bien que le risque sanitaire ne soit pas le propos de cette analyse, l'étude réalisée décrit notamment le fonctionnement de chaque équipement « actif » constituant un parc Photovoltaïque avec une première analyse sur les niveaux générés des champs électriques et électromagnétiques. Ces éléments repris dans l'analyse ci-après permettent notamment d'apprécier les niveaux et risques générés par rapport à la couverture radio GSM-R.
- Sources :
 - o Site internet : <http://www.photovoltaique.info/>
 - o Guide sur la prise en compte de l'environnement dans les installations photovoltaïques au sol – L'exemple allemand, ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire, janvier 2009).
 - o Rapport d'expertise collective, Effets sanitaires des champs électromagnétiques basses fréquences – AFSSET, mars 2010
 - o Rapport d'expertise remis à la Direction Générale de la Santé le 8 novembre 2004

- intitulé « Champs Magnétiques d'Extrêmement Basse Fréquence et Santé »
- Fiche « Champs électromagnétiques » de l'INRS – Les lignes à haute tension et les transformateurs, ED 4210 Les champs électromagnétiques de très basse fréquence – EDF et RTE.

6.1 Configuration du Parc Photovoltaïque

Dès qu'elles reçoivent une certaine quantité de lumière, les surfaces photovoltaïques (cellule ou film mince) intégrés dans un module se mettent à produire de l'électricité sous forme de courant continu à une tension nominale, dont l'intensité augmente avec la quantité de lumière reçue jusqu'à ce que la puissance délivrée atteigne la puissance nominale ou "puissance crête".



Figure 8 – Modules photovoltaïques

Les émetteurs potentiels d'ondes électromagnétiques sont :

- Les modules photovoltaïques
- Les onduleurs,
- Le ou les transformateur(s),
- Les câbles électriques :
 - Les câbles électriques acheminant le courant continu au poste de conversion,
 - Les lignes électriques moyennes tensions reliant les postes de conversion au poste de livraison,
 - Les câbles de raccordement au réseau extérieur.

A ces équipements spécifiques au fonctionnement du système photovoltaïque s'ajoutent tous les équipements actifs pouvant utiliser des ressources radio comme interface principale, dont :

- Système de détection (anti-intrusion)
- Systèmes de détections incendie
- Systèmes de maintenance et de supervision
- Caméra / vidéosurveillance

6.2 Étude Électromagnétique des équipements du système Photovoltaïque

6.2.1 Panneaux et modules Photovoltaïques

Étant donné que les panneaux solaires photovoltaïques produisent de l'électricité en courants continus, seuls des champs électriques et magnétiques statiques sont générés.

À quelques centimètres de distance des panneaux et des câbles, les champs sont plus faibles que les champs naturels notamment le champ magnétique terrestre.

La production et le transport d'électricité des panneaux photovoltaïques au poste de conversion ne présente donc aucun risque de dégradation de la couverture radio GSM-R

➔ **Risque dégradation / perturbation : négligeable**

6.2.2 Onduleurs

L'onduleur va permettre la transformation du courant continu produit par des panneaux photovoltaïques en courant alternatif identique à celui du réseau de distribution (soit avec une fréquence de 50 Hz / 60 Hz).

Les champs électromagnétiques produits par un onduleur sont donc des champs extrêmement bas fréquences ($f < 300\text{Hz}$). Ces équipements sont réputés pour générer un champs électromagnétique suffisamment important et susceptible d'agir sur des équipements radio.

En effet, dans le cadre des installations photovoltaïques domestiques (ie sur le toit d'une habitation), de nombreux cas ont été recensés où l'installation agissait sur certains équipements et perturbaient la réception radio (FM) ou télé (TNT).

Cependant dans le cadre d'une installation industrielle d'un parc photovoltaïques, les onduleurs doivent respecter impérativement la réglementation en termes de Compatibilité Électromagnétique. À cet effet, tous les onduleurs industriels sont désormais théoriquement blindés pour limiter les fuites électromagnétiques.

En outre, en considérant la distance de ces équipements par rapport à la voie, le niveau résiduel

de champ électromagnétique au niveau des voies reste très faible.

À noter que les champs électromagnétiques étant cumulatifs, le nombre d'onduleurs et transformateurs déployés sur le parc photovoltaïque pourraient augmenter significativement le niveau du champ électromagnétique basse fréquence généré au niveau de l'ensemble du parc Photovoltaïque. Toutefois, au regard de la distances entre ces équipements, et de la distance à la voie ferrée (> 40m pour l'équipement le plus proche), le champ électromagnétique résiduel demeure faible au niveau de la voie ferrée.

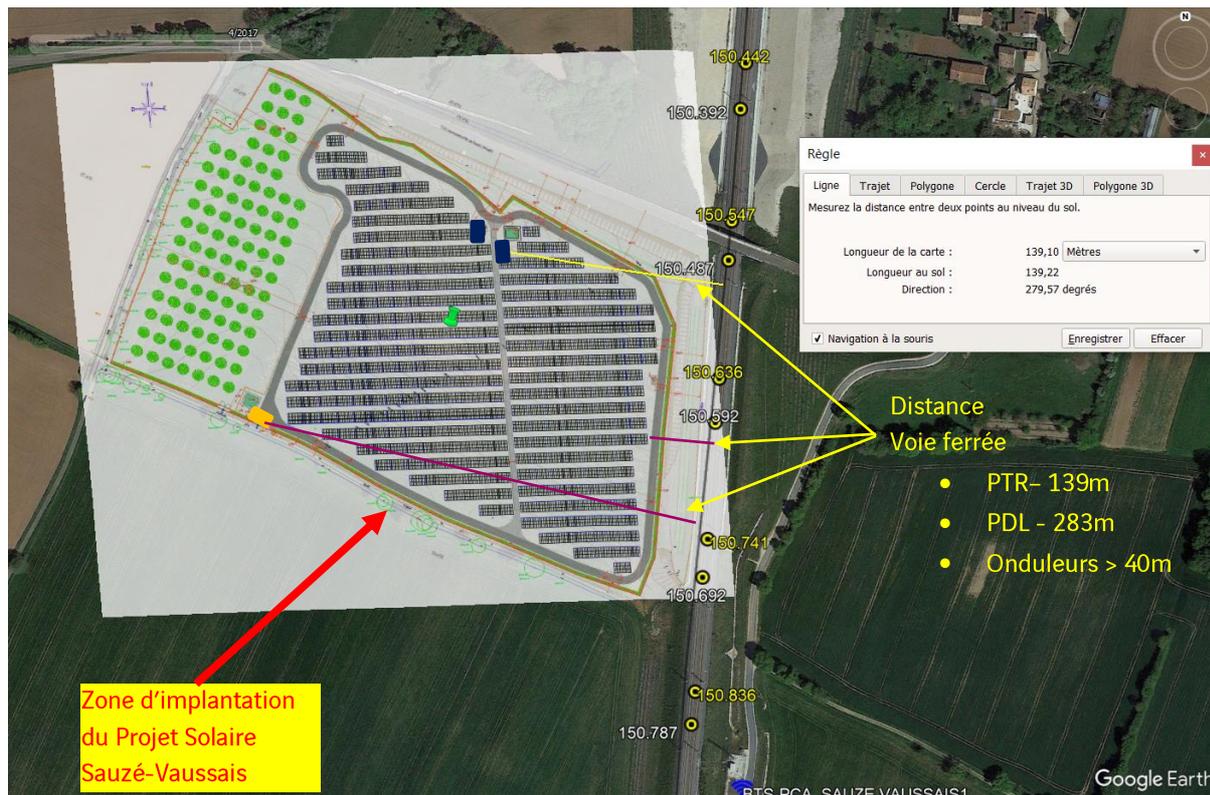


Figure 9 – Distance Voie Ferrée LGV 566000 vs 1^{er} groupe Onduleur/Transformateur - PDL Sauzé-Vaussais

➔ Risque dégradation / perturbation : faible

Bien que ce risque soit relativement faible, il est nécessaire de s'assurer que tous les équipements onduleurs et transformateurs envisagés respectent bien les normes CEM en vigueur afin d'éviter toute pollution en dehors du parc Photovoltaïque.

6.2.3 Poste de transformation :

Dans le cas présent, les transformateurs situés dans les postes de transformation sont des appareils qui ont pour fonction de transformer la tension des onduleurs (400 V) à la tension du réseau Enedis de raccordement HTA, soit 20 000 V.

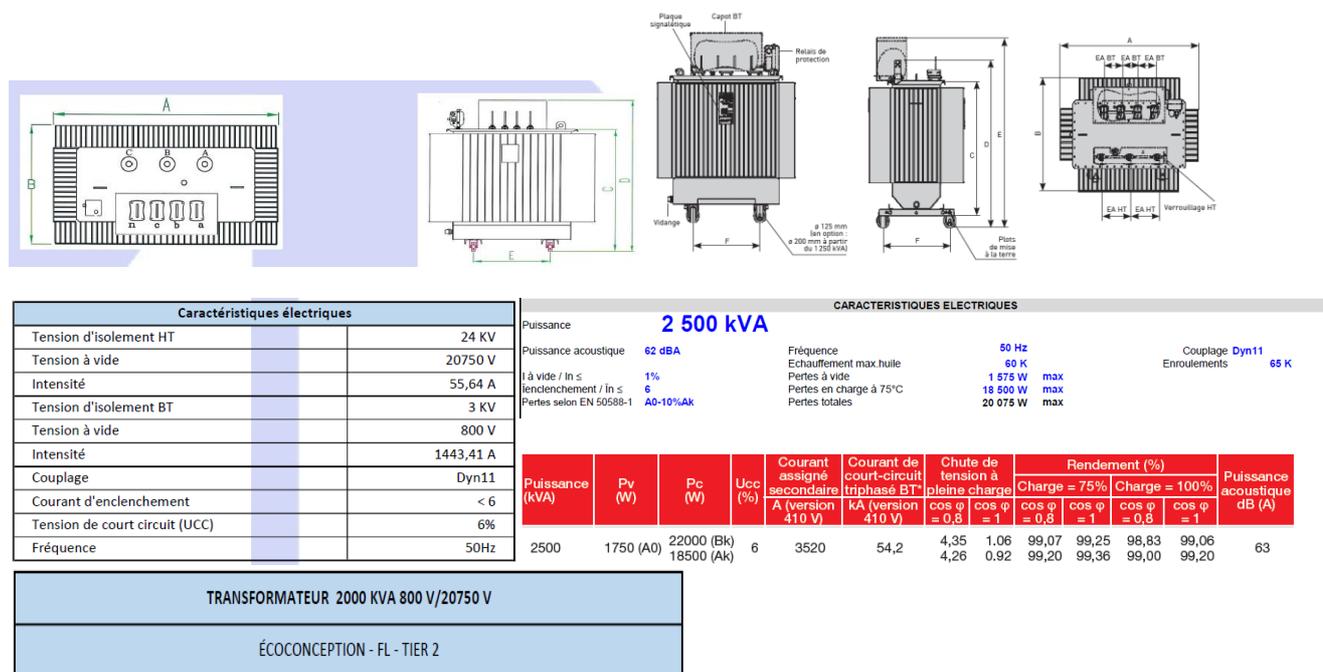


Figure 10 – Le Transformateur de courant

La transformation du courant s'effectue par l'intermédiaire de deux enroulements disposés de façon concentrique, destinés à échanger l'énergie grâce au circuit magnétique.

Le principe de fonctionnement repose sur le transfert d'énergie par induction électromagnétique : le premier enroulement reçoit l'énergie électrique et la transforme en énergie magnétique par induction.

Le deuxième enroulement, traversé par le champ magnétique produit, fournit un courant alternatif de même fréquence mais de tension différente. Ce dispositif est placé dans un liquide isolant (le plus souvent de l'huile) qui assure également le refroidissement.

La principale source de champs électromagnétiques dans le cadre d'un poste électrique est représentée par les transformateurs qui seront installés sur le parc photovoltaïque.

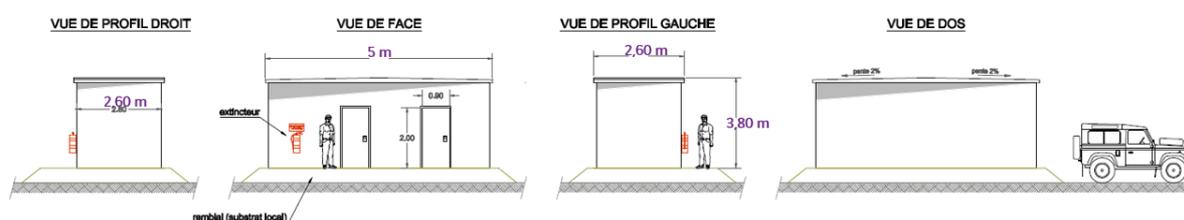
Le transformateur étant conçu de façon à concentrer le champ magnétique en son centre, il est donc très faible aux alentours du transformateur (en moyenne de 20 à 30 µT). Le champ électrique mesuré est également très faible, de l'ordre de quelques dizaines de V/m. (Source : Fiche INRS – Les lignes à haute tension et les transformateurs, ED 4210). Le transformateur fonctionne sur le 50Hz, le champ électromagnétique généré reste donc en basse fréquence.

En considérant que le poste de transformation est implanté à une distance >> 10m de la voie ferrée et des équipements GSM-R, le champ électromagnétique reste négligeable.

→ Risque dégradation / perturbation : négligeable

6.2.4 Poste de Livraison :

Il s'agit d'un bâtiment de faible volume (3,8 m de haut / 2,6 m de large / 5 m de long) permettant l'interface entre le réseau électrique Enedis ainsi que le réseau électrique privé de la centrale solaire. Il contient notamment des dispositifs de protection électrique et un système de comptage de l'énergie produite et consommée.



En considérant que le poste de transformation est implanté à une distance $\gg 10\text{m}$ de la voie ferrée et des équipements GSM-R, le champ électromagnétique reste négligeable.

→ Risque dégradation / perturbation : négligeable

6.2.5 Les câbles / liaisons électriques

En dehors des lignes très hautes tensions du réseau ENEDIS (hors périmètre de cette étude), les câbles électriques, du fait de leur répartition sur l'ensemble du parc et de la puissance transportée limitée (400V par onduleur) ne présentent pas de risque significatif de perturbation sur le réseau GSM-R.

→ Risque dégradation / perturbation : négligeable

6.2.6 Bilan : Équipements du parc Photovoltaïque

L'analyse réalisée ci-avant met en exergue 2 facteurs structurants sur l'appréciation du risque de perturbation du réseau radio GSM-R :

- 1- Tous les champs électromagnétiques générés sont en basse fréquence (50Hz / 60Hz). Il n'y a donc pas de risque dans l'approche fréquentielle puisque le GSM-R fonctionne sur la bande 900 Mhz, soit très éloigné de la fréquence du réseau électrique 50Hz. En tant que tel, **le risque d'interférence (au sens propre) est donc négligeable**. À noter, que les transformateurs peuvent utiliser des fréquences intermédiaires pour assurer la transformation du courant continu en courant alternatif (généralement un multiple de 50Hz), toutefois ces fréquences restent exclusivement en très basse fréquence comparativement à la bande radio GSM-R.

- 2- Au-delà de l'approche « unitaire » et de l'influence de chaque équipement, il est nécessaire d'apprécier l'installation globale en prenant en compte l'effet « cumulatif » de chaque équipement. En particulier, le nombre d'équipements déployés dans le cadre d'une centrale Photovoltaïque est conséquent :
- Ces rangées photovoltaïques sont faites par alignement de tables photovoltaïques composées dans leur largeur de 3 panneaux et 9 dans leur longueur au format portrait de 27.
 - 9261 panneaux solaires photovoltaïques de technologie cristalline et de puissance unitaire 550 Wc pour une puissance totale de 5093,550 KWc.
 - 2 PTR à plusieurs transformateurs (2000 kVA et 2500 chacun) avec puissance globale 4500KV
 - 18 onduleurs de technologies regroupés en 4 unités - puissance 250 kVA chacun
 - 1 réseau de câbles électriques pour l'acheminement de l'électricité produite vers les postes de transformation

Ces équipements génèrent un champ électrique et électromagnétique non nuls. Cependant au regard de la puissance électrique limitée de chacun de ces éléments (en dehors du poste transformateur), de leur distribution répartie sur l'ensemble du parc et de la distance à la voie, **le niveau résiduel perturbateur généré au niveau de la voie reste faible voire négligeable.**

➔ **Risque dégradation / perturbation : négligeable / faible**

6.3 Étude Électromagnétique des autres équipements installés sur la Parc

La finalité de ce chapitre n'est pas de déterminer le risque électromagnétique généré au niveau de chaque équipement actif installé sur le parc (impact négligeable par définition), mais de s'assurer qu'aucun équipement du fait d'une interface radio par exemple, ne puisse venir perturber ou dégrader le réseau radio GSM-R.

- Système de détection (anti-intrusion)
- Systèmes de détections incendie
- Caméra / vidéosurveillance
- Systèmes de télémaintenance et de supervision

6.3.1 Interfaces locales

Dans le cas du projet Solaire de Sauzé-Vaussais, tous les équipements permettant d'assurer le bon fonctionnement du parc fonctionnent via un réseau filaire (cuivre ou fibre optique) : Il n'y a aucune interface radio entre les équipements du parc.

➔ **Risque d'interférence : négligeable / nul**

6.3.2 Interfaces extérieures (avec le centre de contrôle / supervision)

Le parc photovoltaïque sera interconnecté au réseau de contrôle / supervision via une liaison radio s'appuyant sur le réseau 3G ou 4G d'un des opérateurs.

Les communications operateur sur la bande 900Mhz ne constituent pas de risque d'interférences depuis l'installation des nouvelles cab radio dans les trains

➔ **Risque d'interférence : négligeable / nul**

6.3.3 Interfaces système anti-intrusion

Le système anti-intrusion qui sera déployé sur le parc photovoltaïque est constitué des modules OPEX et un module relais qui assure les communications entre le système anti-intrusion et une interface externe.

LE MODULE RELAIS PDL6000-LK jusqu'à 6 km DÉTECTEURS O-LINK

Il permet de recevoir par radio les informations des détecteurs autonomes O-LINK et dispose de 4 sorties relais paramétrables localement via smartphone (android) en bluetooth. Vos installations sont ainsi facilitées et nécessitent moins de temps.

LES + DU MODULE PDL6000-LK

- Très grande portée jusqu'à 6 km en champ libre, 868 Mhz
- Jusqu'à 128 détecteurs par module
- Programmation simplifiée et sauvegardée
- Boîtier étanche IP55

LES + DE L'APPLICATION OPTEX LINK

- Accès sécurisé.
- Programmation très simple.
- Gestion possible (selon les modèles) de l'alarme, trouble, autoprotection et piles basses.
- Choix de temporisation des relais de sortie.
- Sauvegarde du paramétrage.
- Sauvegarde de l'historique (jusqu'à 255 événements) et exportation de cet historique par mail.

DÉTECTEURS O-LINK AUTONOMES ET LIVRÉS AVEC CARTE ÉMETTRICE INTÉGRÉE

 WNX-40 <small>Infrarouge intérieur, portée 12m, angle 85°</small>	 FTN série <small>Infrarouge extérieur, portée 8m</small>	 VXI série <small>Infrarouge extérieur, portée 12m, angle 90°</small>	 WXI série <small>Infrarouge extérieur, portée 12m, angle 180°</small>
 BXS série <small>Infrarouge extérieur, 24m, linéaire 120m de chaque côté, indépendant</small>	 HX-40 <small>Infrarouge extérieur, portée 12m, angle 85°</small>	 HX-80 <small>Infrarouge extérieur, portée 24m x 2</small>	
 AX-TFR série <small>Barrière infrarouge, actif, portée 30m ou 60m suivant modèle, 4 canaux</small>	 SL-TNR série <small>Barrière infrarouge, portée 30m ou 60m suivant modèle, monocanal</small>	 SL-QNR/QFR série <small>Barrière infrarouge, portée 100m, monocanal ou 4 canaux suivant modèle</small>	 SIP-WF série <small>Détecteur extérieur infrarouge longue portée jusqu'à 40m suivant modèle</small>

- Les modules Opex fonctionnent en infrarouge (détection)

➔ **Risque d'interférence : négligeable / nul**

- Le module relais assure une liaison radio sur la fréquence 868MHz avec le Protocole LoRa (LoraWAN). Cette bande de fréquence est proche de la bande GSM-R. Toutefois, cette fréquence issue de la bande libre reste sous la bande de garde (marge de 10MHz en dessous des fréquences GSM-R des sites les plus proche de la centrale (878\923 Mhz et 878.6\923.6Mhz).

Bande GSM-R :

- 876 MHz - 880 MHz : pour l'émission de données (uplink)
- 921 MHz - 925 MHz : pour la réception de données (downlink)

L'utilisation de fréquences libres impose de respecter un temps d'occupation maximum du canal radio (duty-cycle (en)). L'occupation maximum du canal est de 1 % en Europe sur la bande 868 MHz.

Sur la bande 868 MHz, la spécification LoRa impose initialement 3 canaux d'une largeur de 125 kHz communs à tous les équipements 868,10 MHz, 868,30 MHz et 868,50 MHz3 pour que le message d'activation puisse être reçu par le serveur.

Les dispositifs LoRa / LoraWAN ont révolutionné l'Internet des objets (IoT) en permettant la communication de données sur une longue distance tout en utilisant très peu d'énergie due au taux d'occupation du canal très faible. Cette technologie est connue pour sa faible puissance de rayonnement qui varie entre 0 à 27 dBm (3.3V / 124.4 mA en émission)

Compte tenu de la fréquence qui ne présente pas de risque de débordement de spectre ou d'intermodulation, et également du faible niveau puissance et du taux d'occupation de cette technologie :

➔ **Risque d'interférence : négligeable / nul**

6.4 Bilan de l'étude concernant le risque d'interférence / perturbations électromagnétiques

Sur la base des analyse réalisées ci-avant, aucun risque significatif n'a été identifié dans le cadre de cette étude et pouvant avoir un impact (interférence, dégradation) sur le réseau radio GSM-R de la ligne LGV.

À noter que l'influence électromagnétique générée sur l'ensemble de la centrale solaire photovoltaïque sur les ondes radio GSM-R (déformation du lobe principal) est un phénomène connu, mais très difficilement modélisable. À titre d'exemple, les lignes très hautes tension peuvent agir partiellement comme un guide d'onde. Ce phénomène pouvant modifier la propagation de l'onde radio GSM-R sera pris en compte dans le gabarit retenu pour l'étude de compatibilité GSM-R et détaillé dans la 2^{nde} partie de l'étude traitée ci-après.

7 Analyse préventive -Compatibilité GSMR

7.1 Impact Couverture radio

Pour des éventuels masques ou d'autres phénomènes radio (interférence, réflexion, ...) pouvant entrainer localement des distorsions du signal GSM-R, l'estimation de l'atténuation retenue dans le cadre de cette étude est de l'ordre de 5 dB.

Comme indiqué sur la figure si dessous (en pointillé bleu et bleu clair), le niveau minimum de couverture radio GSM-R sur la zone serait estimé entre -26,78 dBm et -37,82 dBm. Le seuil de couverture EIRENE (-92dBm à 95%) serait respecté.

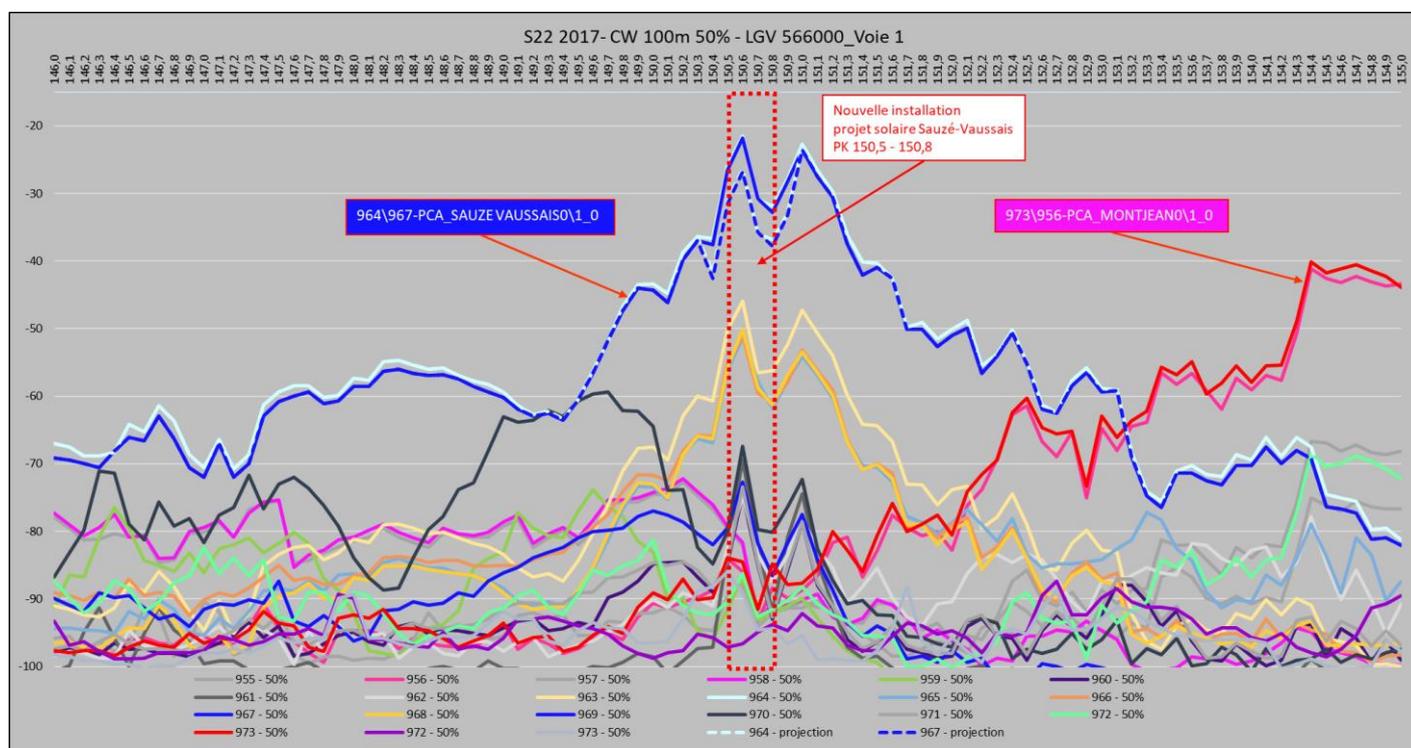


Figure 11 – Courbes CW mesures zone Sauzé-Vaussais+Atténuation – LGV 566000

Etant donné que la centrale photovoltaïque est située loin de la zone de Handover (distance > 2,3km), le niveau de couverture radio sur la zone de handover entre les cellules PCA_SAUZE VAUSSAIS01_0 et PCA_MONTJEAN01_0 ne devrait pas être affecté (pas de dégradation, ni de déplacement du Handover).

➔ Risque dégradation / perturbation : faible à modéré (risque très localisé)

7.2 Impact PEF

Les tailles des cellules encadrantes la zone d'implantation de la centrale solaire de Sauzé-Vaussais (cellule GSM-R PCA_CHAUNAY SUD0_0, PCA_SAUZE VAUSSAIS0_0 et PCA_MONTJEAN0\1_0) seront similaires à la situation actuelle.

Vu l'éloignement des limite ZAR/ZAL et le risque de perturbation estimé à 5db qui reste faible au niveau de la centrale photovoltaïque, le risque de modification en termes de tailles de cellules et diffusion d'alerte ZDA est faible.

La distance de couverture d'obstacle (2*DCO) sera conservée comme la situation actuelle.

→ **Risque dégradation / perturbation : Faible**

7.3 Impact Qualité

L'implantation de la centrale solaire photovoltaïque de Sauzé-Vaussais ne devrait pas occasionner d'impact sur la qualité du service GSMR sur cette zone (PK 150,5 – 150,8 LGV n° 566000). Aucun élément connu n'est identifié pour le moment qui serait susceptible de présenter des risques majeurs sur la qualité radio du GSMR.

→ **Risque dégradation / perturbation : faible**

8 Conclusion de l'étude d'impact

Après analyse des contraintes PEF, Cartographie qualité, courbes CW sur la ligne grande vitesse n° 566000 entre les PK 150,5 et 150,8, le projet d'implantation de la centrale solaire photovoltaïque au sol - URBA 399 sur le site de Sauzé-Vaussais ne présente pas de risque identifié sur le service radio GSM-R.

Au regard des caractéristiques radio GSM-R dont la présence du site GSMR (à environ 170m), de la zone plutôt dégagée par rapport aux infrastructures ferroviaires, de la configuration de la ligne ferroviaire (voie ferrée en ligne droite), ainsi que de la hauteur des infrastructures qui seront installées avec la centrale solaire photovoltaïques (Hauteur maximal = 3,8m par rapport au sol), le risque de dégradation du niveau de couverture radio GSM-R résultant de cette étude reste relativement faible.

En synthèse : chacune des analyses réalisées dans le cadre de cette étude concluent à un risque négligeable ou faible concernant le risque de dégradation ou de perturbation du réseau radio GSM-R. Même en considérant un effet cumulatif des différents équipements, la configuration de la centrale solaire photovoltaïque de Sauzé-Vaussais ne présente pas de risque significatif au regard de la typologie radio GSM-R dans cette zone géographique (très bon niveau de couverture et de qualité liée à l'implantation du site GSM-R PCA_SAUZE VAUSSAIS).

→ **Risque dégradation / perturbation : Faible**

→ **Recommandations : Sans Objet**

