

Etude Technique - IEL EXPLOITATION - Compatibilité GSMR avec les installations solaires photovoltaïques - Site de ARGENTRE



DATE: 06/11/2023

DOCUMENT VERSION: 1.0

Contacts :

Nans BUTRUILLE – nans.butruille@axians.com

Lydia REZZELI – lydia.chabane@axians.com

Table of contents

1	Contexte / Objectif	4
2	Documentation et Données d'entrées	4
3	Références sur projets similaires	5
4	Outils.....	6
5	Acronymes.....	6
6	Périmètre et caractéristiques techniques	7
6.1	Localisation géographique de la zone	7
6.1.1	Vu sous GE – Zone d'implantation du Projet solaire ARGENTRE	7
6.1.2	Plan de masse de la centrale solaire d'ARGENTRE.....	8
6.2	Description générale de la centrale solaire d'ARGENTRE	9
6.2.1	Structure des modules photovoltaïques.....	9
6.2.2	Composition et caractéristiques de la centrale :	10
6.2.3	Traitements des constructions	10
6.3	Caractéristiques techniques de la couverture GSMR sur la zone	12
6.3.1	Détails de la ligne.....	12
6.3.2	Couverture radio GSMR	14
	PDL_LOUVIGNE1_0.....	15
	PDL_LOUVIGNE0_0.....	15
6.3.3	Qualité radio (QoS).....	16
7	Analyse risque dégradation / interférence (CEM).....	17
7.1	Configuration du Parc Photovoltaïque	18
7.2	Étude Électromagnétique des équipements du système Photovoltaïque	20
7.2.1	Panneaux et modules Photovoltaïques.....	20
7.2.2	Onduleurs	20
7.2.3	Poste de Livraison : Le transformateur	22
7.2.4	Les câbles / liaisons électriques.....	23
7.2.5	Bilan : Équipements du parc Photovoltaïque	23

7.3	Étude Électromagnétique des autres équipements installés sur la Parc	24
7.3.1	Interfaces locales	24
7.3.2	Interfaces extérieures (avec le centre de contrôle / supervision)	24
7.4	Bilan de l'étude concernant le risque d'interférence / perturbations électromagnétiques sur le GSM-R	25
8	Analyse préventive -Compatibilité GSMR.....	26
8.1	Impact Couverture radio	26
8.2	Impact PEF.....	27
8.3	Impact Qualité	27
9	Conclusion de l'étude d'impact.....	28

1 Contexte / Objectif

Le projet CENTRALE SOLAIRE ARGENTRE 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 d'ARGENTRE, le long de la LGV Bretagne-Pays de la Loire, de Connerré à Rennes.

Le terrain d'implantation est situé à l'Est de la ligne Grande Vitesse n°408000-1 entre les PK 102+400 et 102+800.

Le site BTS GSM-R PDL_LOUVIGNE assure actuellement la couverture radio sur cette zone. Ce site est composé d'un secteur radio en double couverture. Les cellules qui couvrent donc la zone sont les suivantes :

- PDL_LOUVIGNE0_0
- PDL_LOUVIGNE1_0
- PDL_LOUVERNE_LGV0_1 (cellule encadrante)

Le site BTS GSM-R PDL_LOUVIGNE est maintenu et exploité par SNCF dans le cadre de la couverture de la ligne BPL

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 sur la ligne LGV BPL

L'étude consiste en premier lieu à montrer le fonctionnement radio (couverture, respect PEF) actuel du GSM-R et par la suite réaliser une analyse préventive sur la zone d'ARGENTRE 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 SNCF**
 - o PROGRAMME D'EXPLOITATION FERROVIAIRE GSM-R :CEE--_00973_B01_PEF
 - o Modification du PEF Brin NO 10 (DGP-GSMR-NT-068-B)
 - o Modifications PEF brin NO 06 (DGP-GSMR-NT-079-F)
- **Données IEL EXPLOITATION :**
 - o Annexes PC_Argentré signé.pdf
 - o Spécification équipements :
 - Annex_4_DataSheet-SHP-21-DS-fr-11.pdf
 - Annex_4_Notice-SHP-20-BE-fr-14.pdf
 - Annex_5_SHPxxx-21-BE-fr-10

- Autres sources
 - o Analyse du risque sanitaire lié aux centrales photovoltaïques au sol - EFFETS DES CHAMPS ELECTROMAGNETIQUES (Etude IDE Environnement – Avril 2013)
 - o Site internet : <http://www.photovoltaïque.info/>

Il est commun pour ce type d'étude d'également prendre en compte les documents suivants :

- **Fichiers de mesures ROMES** réalisés en train de mesure sur la LGV
- **Rapport de recette radio post mise en service**

A ce stade, AXIANS ne possède pas dans ses bases de données ces mesures et rapports de recette pour le brin BPL.

Une demande a été faite auprès de SYNERAIL EXPLOITATION & MAINTENANCE qui n'a pas été en capacité de les fournir non plus.

3 Références sur projets similaires

AXIANS a déjà réalisé des études similaires dans le cadre de déploiements de centrales photovoltaïques le long de la LGV SEA :

- Pour le compte de KRONOS SOLAR :
 - o CAVIGNAC
 - o CARISEY
 - o PONT A MOUSSON
- Pour le compte de PHOTOSOL :
 - o VILLOGNON
- Pour le compte de SUN AGRI :
 - o LAPOUYADE
- Pour le compte de SUNMIND :
 - o MAILLE NOUATRE
- Pour le compte de TOTAL QUADRAN :
 - o BESSAC
 - o SAINT VALLIER
- Pour le compte de URBA SOLAR :
 - o SAUZE VAUSSAIS
- Pour le compte de WPD SOLAR :
 - o DRACHE
 - o SORIGNY

4 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

5 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

6 Périmètre et caractéristiques techniques

6.1 Localisation géographique de la zone

6.1.1 Vu sous GE – Zone d’implantation du Projet solaire ARGENTRE

La cellule GSM-R PDL_LOUVIGNE0_0 couvre la ligne LGV à partir du PK 93 jusqu’au PK 103.

La cellule GSM-R PDL_LOUVIGNE1_0 couvre la ligne LGV à partir du PK 93 jusqu’au PK 103

Le terrain d’implantation de la centrale solaire photovoltaïque se situe entre les PK 102,4 et 102,8 (400m) de la Ligne Grande Vitesse n°408000-1.

La centrale solaire se trouve géographiquement au Nord-Ouest du site GSM-R PDL_LOUVIGNE.

Au niveau de la radio, la couverture de la zone est assurée par le site PDL_LOUVIGNE (deux cellules en double couverture).

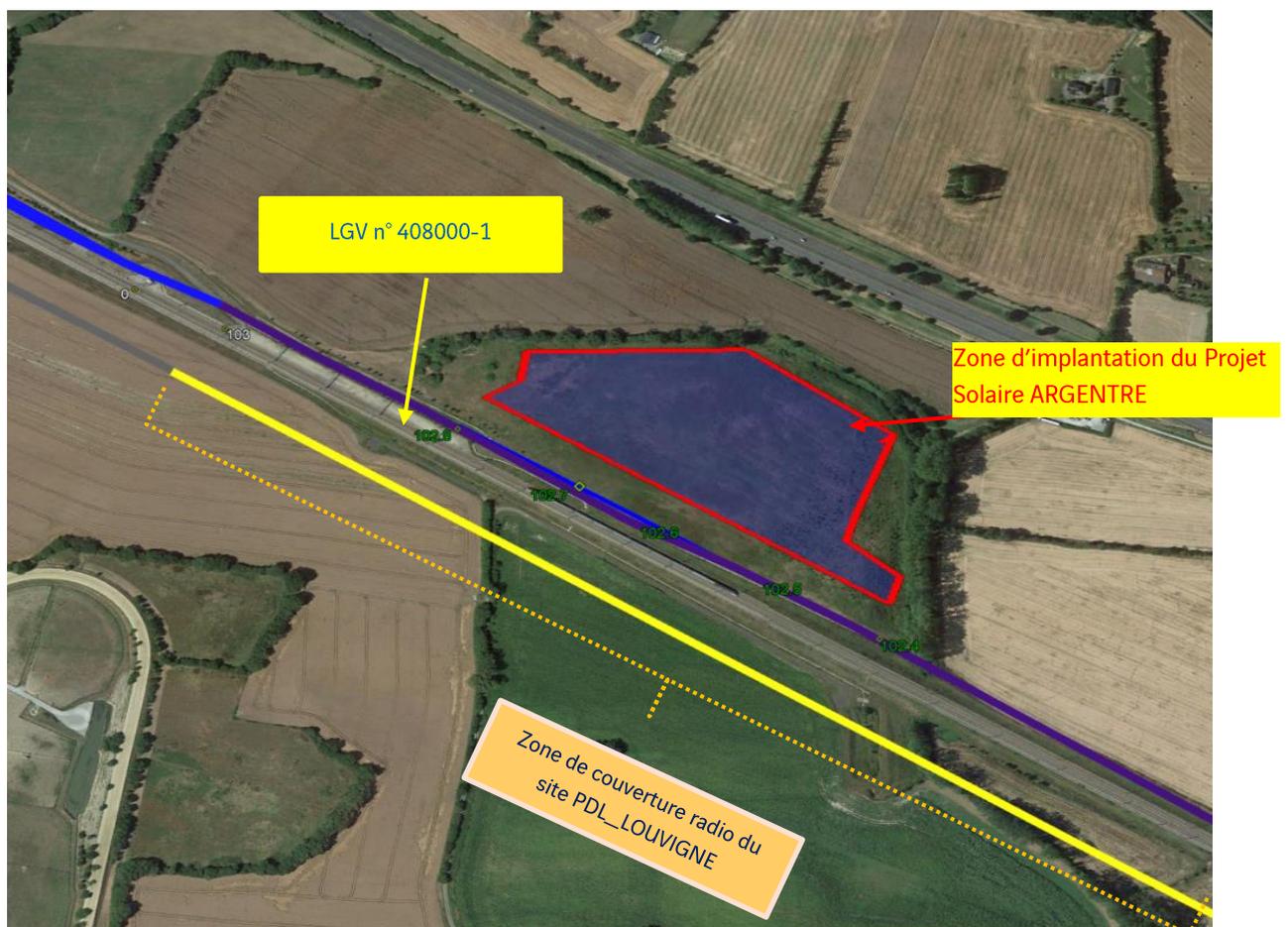


Figure 1 – Localisation de la zone d’implantation du Projet Solaire ARGENTRE

Le site GSM-R le plus proche (PDL_LOUVIGNE) est à une distance d'environ 4182m de la future centrale solaire d'ARGENTRE.

Le site GSMR encadrant est :

- PDL_LOUVIGNE (PK 93 – PK 103 Ligne LGV n°408000-1)

6.1.2 Plan de masse de la centrale solaire d'ARGENTRE

La superficie clôturée du terrain est de 5.3 HA.

Le terrain d'implantation de la centrale solaire ARGENTRE se situe à l'Est de la voie ferrée LGV n°408000-1.

L'ensemble des éléments qui constituent la centrale solaire photovoltaïque longe la voie ferrée sur une longueur estimée à 400m.

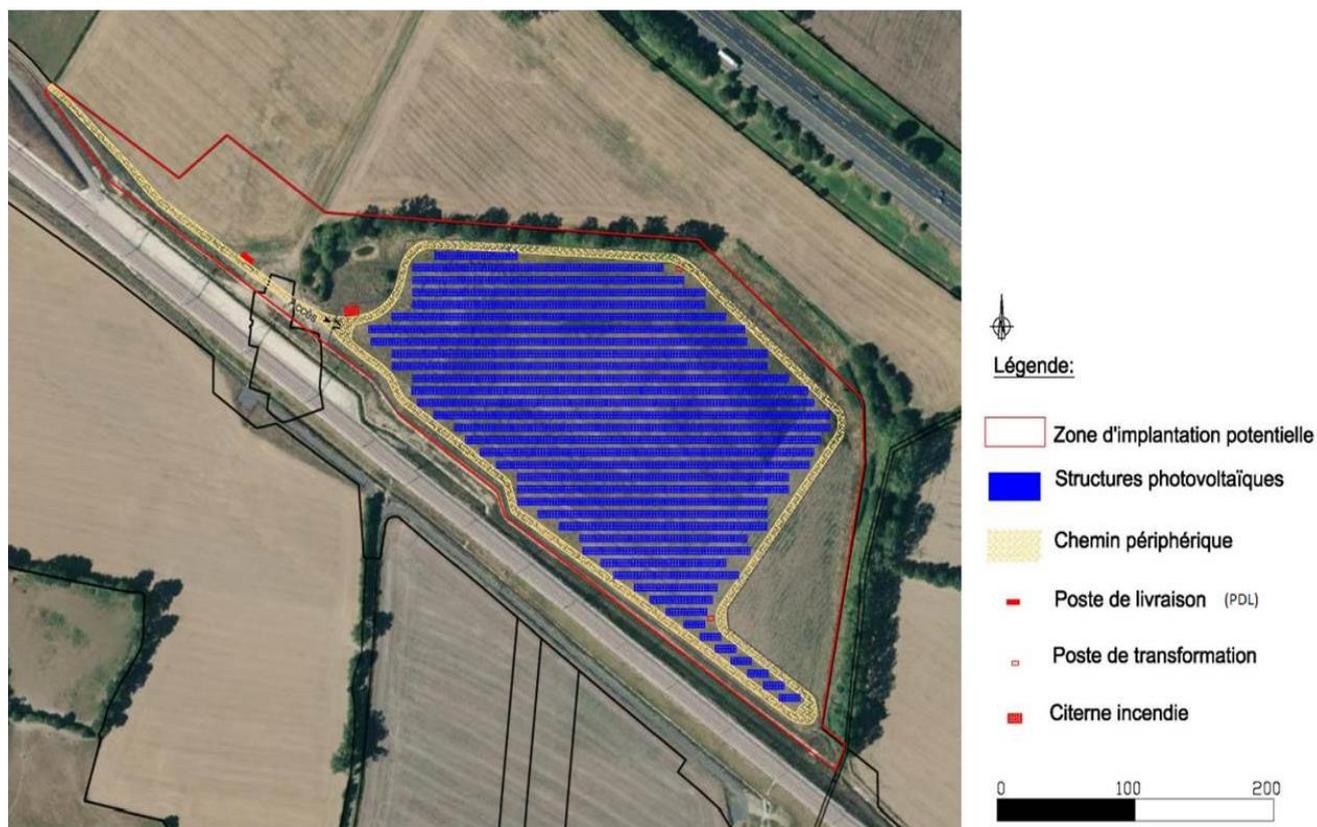


Figure 2 – Plan de Masse - Centrale Solaire ARGENTRE

6.2 Description générale de la centrale solaire d'ARGENTRE

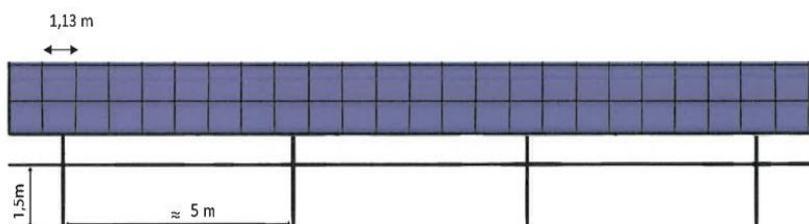
6.2.1 Structure des modules photovoltaïques

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

Le système permet une inclinaison des tables à 15° afin de capter le soleil durant la journée.

La technologie solaire photovoltaïque utilisée est le silicium cristallin.

Vue de face



Vue de profil

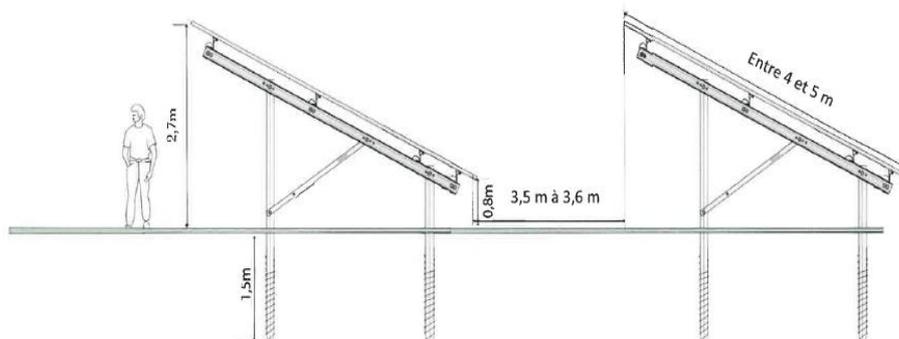


Figure 3 – Modules photovoltaïques (hauteur 2,7m par rapport au sol)

Le nombre prévisionnel de panneaux à installer est de 10 114 panneaux répartis sur 212 tables :

- Ces rangées photovoltaïques sont faites par alignement de tables photovoltaïques composées des structures complètes ou de demi-structures.
- L'arrête inférieure des tables est à 0,80 m du sol et l'arrête supérieure est à 2,7 m du sol.

L'énergie produite par chaque table est acheminée vers les onduleurs repartis sur la centrale en bout de table de manière à convertir le courant continu en courant alternatif. Cette configuration en bout de table des onduleurs est dite « décentralisée ».

L'énergie produite par chaque onduleur est ensuite transférée dans les transformateurs pour être transformée en haute tension et raccordée sur le réseau d'ENEDIS.

6.2.2 Composition et caractéristiques de la centrale :

Le projet de centrale solaire d'ARGENTRE présente les caractéristiques suivantes :

- 10114 modules de Panneaux photovoltaïques
- 2 PTR avec chacun 1 transformateur de puissance 2750 kVA maximum.
- 27 onduleurs de technologies décentralisés - avec une puissance allant jusqu'à 360kWc pour une tension de 1500 VDC chacun

Concernant le réseau de communication interne et local des équipements auxiliaires (ex : caméra de supervision...alarmes et données techniques, intrusions, vidéo...), celui-ci sera exclusivement filaire (liaison cuivre et/ou fibre optique).

Selon les informations transmises, les équipements n'utiliseront pas de liaison radio privé en dehors du réseau des opérateurs publics.

6.2.3 Traitements des constructions

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

Les modules photovoltaïques sont composés de verre, d'un semi-conducteur photovoltaïque et d'une membrane en sous face.

Les postes de transformation seront en béton de hauteur 2,6m par rapport au sol (longueur 4.45m ; largeur 2.54m).

Le poste livraison sera un poste en béton (avec bardage en bois non traité) de hauteur 3,4m par rapport au sol (longueur 9.20m ; largeur 2.60m).

6.3 Caractéristiques techniques de la couverture GSMR sur la zone

6.3.1 Détails de la ligne

La figure ci-dessous montre les caractéristiques de l'exploitation ferroviaires sur la ligne LGV n°408000-1 autour de la zone d'implantation de la centrale solaire ARGENTRE (PK 102,4 – 102,8).

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
$V \leq 160$ km/h	1500 m
160 km/h $< V < 220$ km/h	2000 m
$V \geq 220$ km/h	2500 m

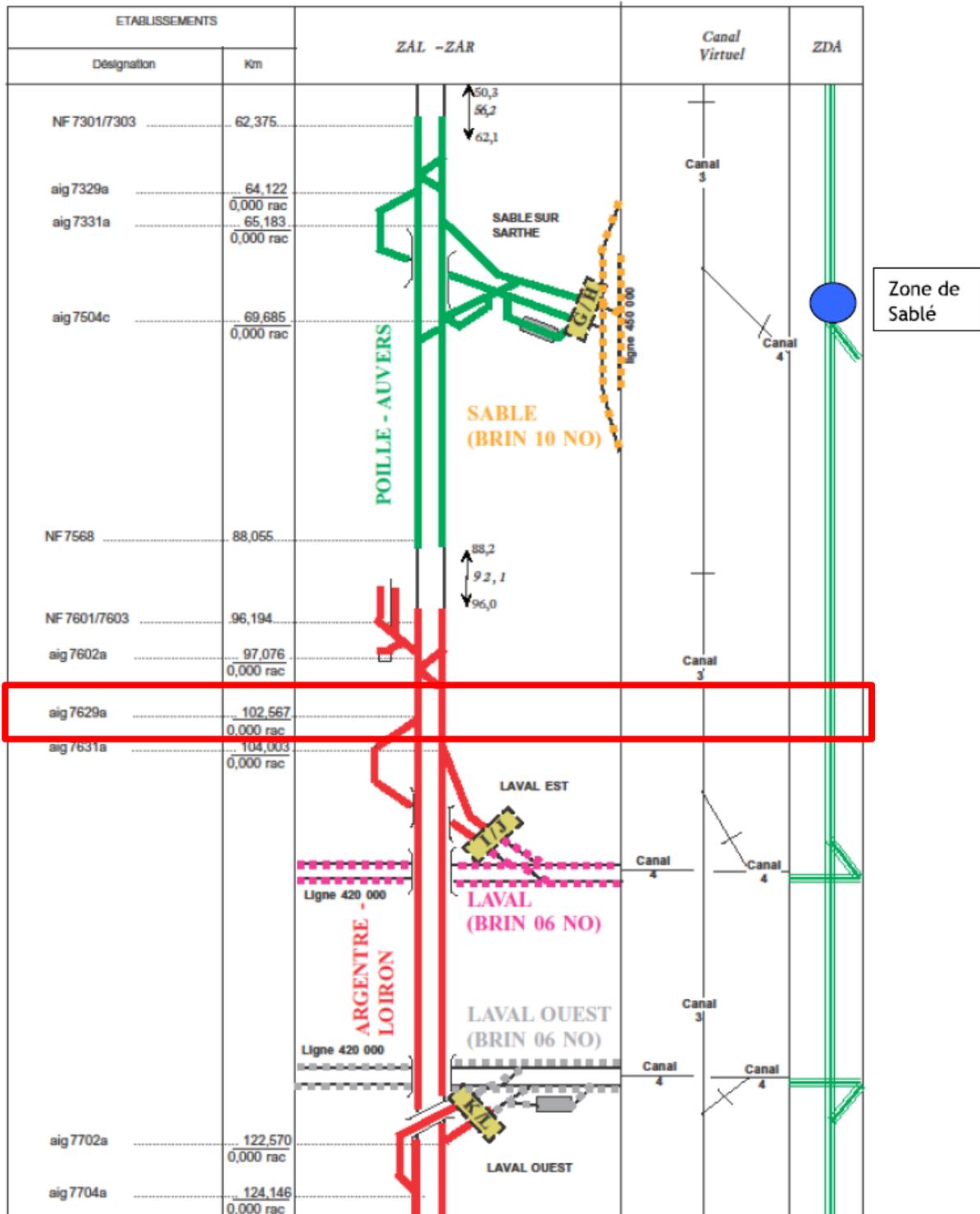


Figure 5 – Extrait Détails de la Ligne - PEF LGV n°408000-1

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

- L'implantation des panneaux photovoltaïques (entre les PK 102,4 et 102,8) est dans la ZAR ARGENTRE-LOIRON [PK 93 – 127].
- L'implantation des panneaux photovoltaïques (entre les PK 102,4 et 102,8) est dans la ZAL DBC3 [PK 60,7 – 109,4].
- La ZDA est de type pleine voie.

L'implantation de la centrale solaire d'ARGENTRE ne se trouve dans aucune zone de sensibilité PEF à présence des limites de tolérances ZAL/ZAR.

6.3.2 Couverture radio GSMR

Le pylône du site GSMR PDL_LOUVIGNE situé au Sud-Est, au PK 98,2 de la ligne LGV n° 408000-1 est à une distance d'environ 4182m de la zone d'implantation des panneaux solaires photovoltaïques.

Au Nord-Ouest de la centrale solaire, à 4448m se trouve le site GSMR PDL_LOUVERNE au PK107,1 de la même ligne (LGV n° 408000-1).

Afin d'apprécier la couverture GSMR de la zone d'implantation des panneaux solaires, il est d'usage de se baser sur les mesures CW 50% issues des campagnes de mesures ROMES effectuées par la SNCF. À ce stade, nous n'avons pas réussi à récupérer ces données d'entrée.

Une simulation ATOLL peut être réalisée pour apprécier la couverture radio de la zone dans le cas où les mesures CW 50% ne peuvent être mises à disposition par SNCF.

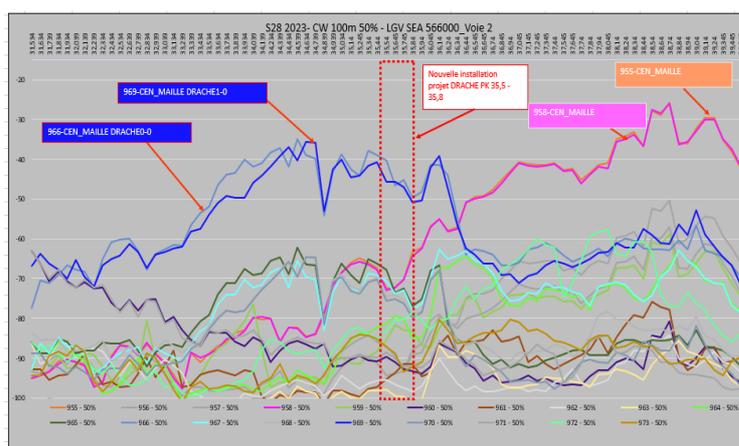
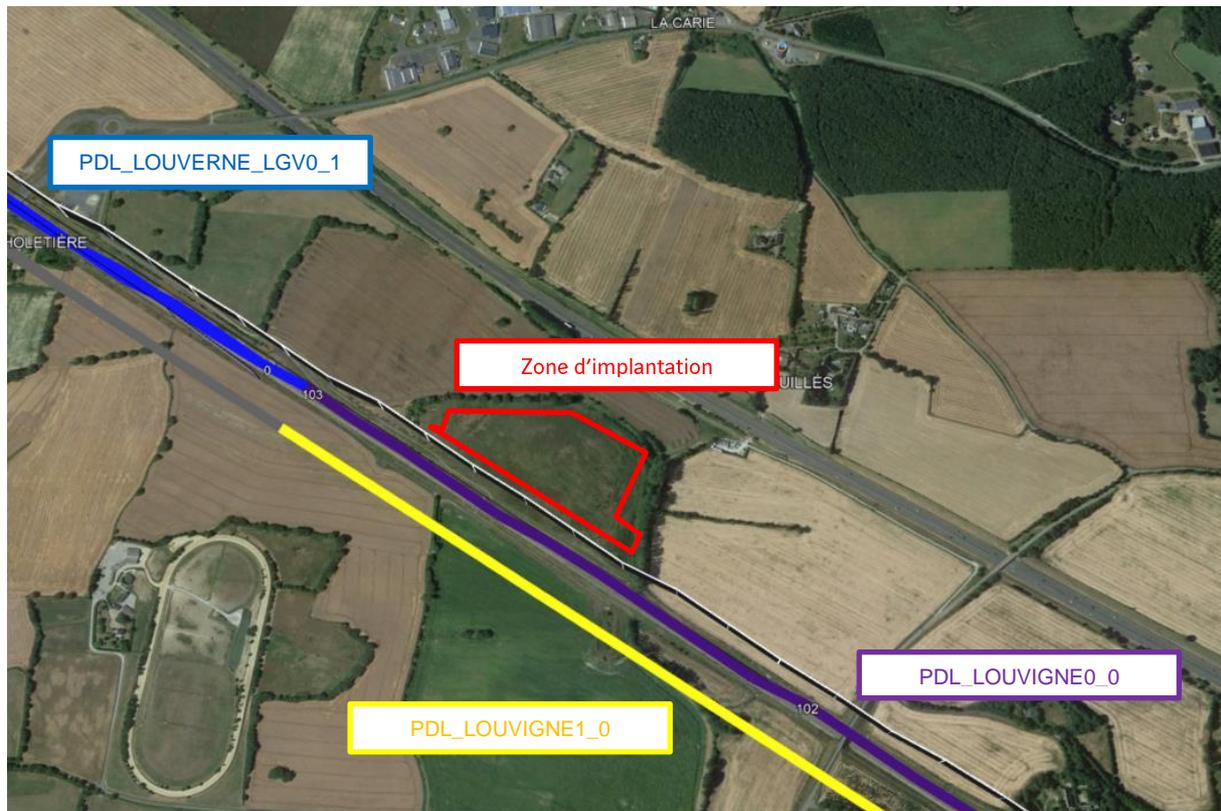


Figure 6 – Exemple d'analyse de mesures CW

La zone d'installation du projet solaire photovoltaïque d'ARGENTRE est couverte par les cellules GSM-R PDL_LOUVIGNE0_0 et PDL_LOUVIGNE1_0 avec un niveau de champ non connu à date, qui peut être apprécié par l'analyse des mesures CW 50% ou par une simulation ATOLL.



Le niveau de résurgence actuel peut être apprécié par l'analyse des mesures CW 50% ou par une simulation ATOLL.

6.3.3 Qualité radio (QoS)

Afin d’apprécier la qualité radio GSMR de la zone d’implantation des panneaux solaires, il est d’usage de se baser sur les rapports de recette radio post mise en service issues des campagnes de mesures effectuées par la SNCF. À ce stade, nous n’avons pas réussi à récupérer ces données d’entrée.

Le niveau de résurgence actuel peut être apprécié par une simulation ATOLL.



Figure 7 – Exemple d’analyse de cartographie RXQUAL en com

7 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~ 60 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 Electromagnétique (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.

A noter :

- Les risques 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.

7.1 Configuration du Parc Photovoltaïque

Dès qu'elles reçoivent une certaine quantité de lumière, les surfaces photovoltaïques (cellule ou film mince) intégrées 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 9 – Modules photovoltaïques

Les émetteurs potentiels d'ondes électromagnétiques sont :

- Les modules photovoltaïques
- Les onduleurs,
- 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 (intrusion)
- Systèmes de détections incendie
- Systèmes de maintenance et de supervision
- Caméra / vidéosurveillance

7.2 Étude Électromagnétique des équipements du système Photovoltaïque

7.2.1 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**

7.2.2 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 50Hz ~ 65Hz).

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 (i.e. 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 ($> 50\text{m}$ pour l'équipement le plus proche), le champ électromagnétique résiduel demeure faible au niveau de la voie ferrée.

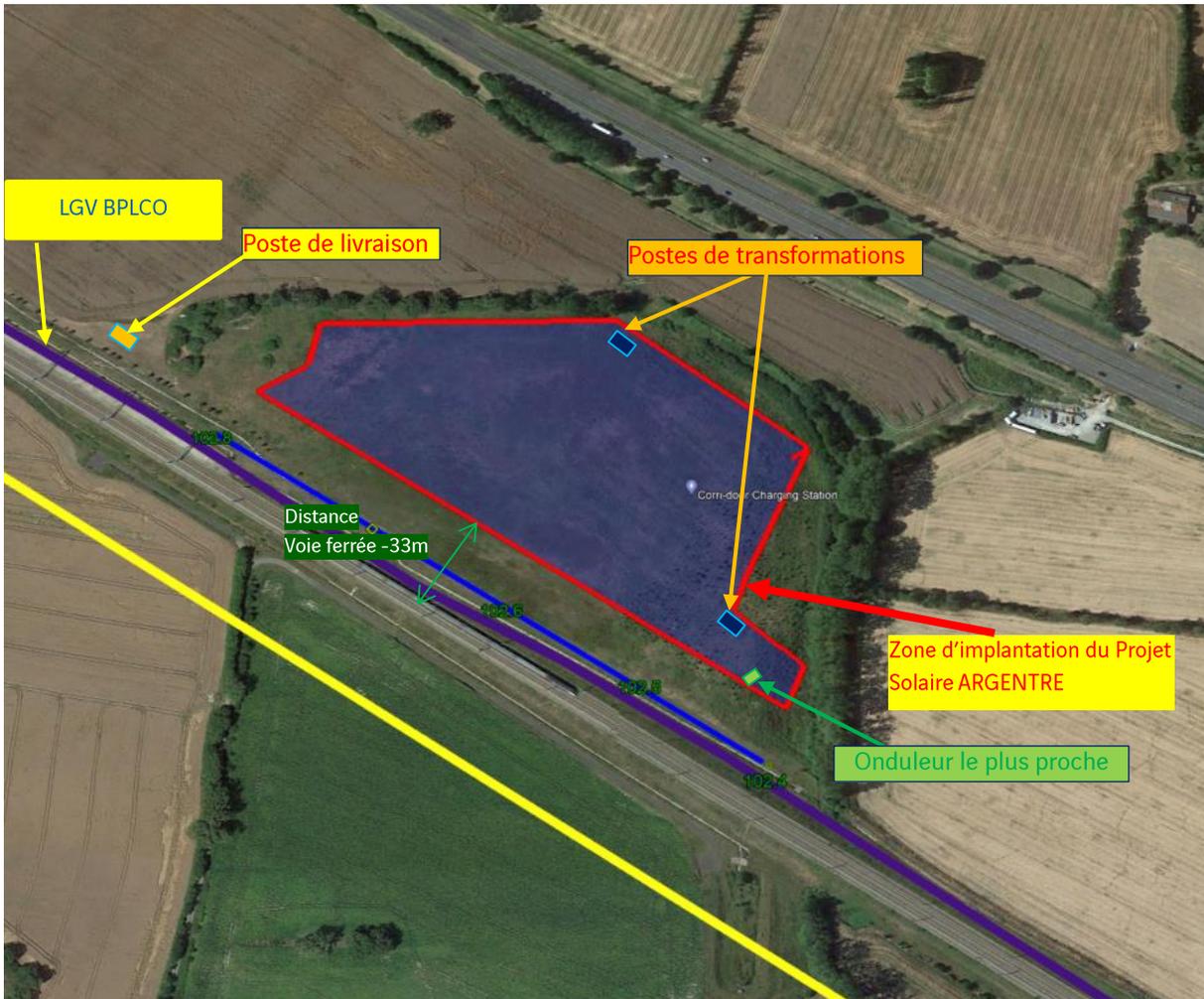


Figure 9 – Distance Voie Ferrée LGV n°48000-1 vs Onduleur ARGENTRE

➔ **Risque dégradation / perturbation : négligeable**

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.

7.2.3 Poste de Livraison : Le transformateur

Dans le cas présent, le transformateur situé dans le PTR est un appareil destiné à modifier la tension électrique du courant. Il peut permettre d'élever la tension, par exemple en sortie de centrale de production, de 20 000 à 400 000 volts, afin de rendre l'électricité transportable sur de longues distances, en limitant les pertes électriques (effet joule).



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 μ T). 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 50 Hz / 60 Hz, le champ électromagnétique généré reste donc en basse fréquence.

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

➔ **Risque dégradation / perturbation : négligeable**

7.2.4 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 ne présentent pas de risque significatif de perturbation sur le réseau GSM-R.

→ **Risque dégradation / perturbation : négligeable**

7.2.5 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 ~63Hz). 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. L'architecture définitive n'étant pas encore arrêtée, la présente étude a pris en compte le pire de cas (en termes de nombre d'équipements, de puissance maximum, de position par rapport à la voie, etc...) afin d'avoir le l'impact le plus fort possible :
 - 10114 modules de Panneaux photovoltaïques de technologie cristalline et de puissance unitaire 553,6 Wc pour une puissance totale de 5600 KWc
 - 2 PTR avec chacun 1 transformateur de puissance 2750 kVA
 - 27 onduleurs avec une puissance allant jusqu'à 360kWc pour une tension de 1500 VDC chacun
 - 1 réseau de câbles électriques pour l'acheminement de l'électricité produite vers le poste 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 GSM-R : négligeable / faible**

7.3 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 (intrusion)
- Systèmes de détections incendie
- Caméra / vidéosurveillance
- Systèmes de télémaintenance et de supervision

7.3.1 Interfaces locales

Dans le cas du projet solaire d'ARGENTRE, tous les équipements permettant d'assurer le bon fonctionnement du parc fonctionnent exclusivement 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**

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

Le parc photovoltaïque sera interconnecté au réseau de contrôle / supervision via une liaison radio data s'appuyant sur le réseau radio mobile (2G/3G/4G) d'un des opérateurs.

Cette liaison radio (pouvant y compris être réalisée dans la bande 900Mhz comme le GSM-R) reste commune à tout appel réalisé sur le réseau mobile. La séparation des canaux dans la bande 900Mhz permet d'éviter tout risque de chevauchement / recouvrement de spectre entre les opérateurs et le GSM-R. Il n'y a donc aucune contre-indication à ce que le système de supervision repose exclusivement sur le réseau radio mobile d'un opérateur public.

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

7.4 Bilan de l'étude concernant le risque d'interférence / perturbations électromagnétiques sur le GSM-R

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 n°48000-1.

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 2nde partie de l'étude traitée ci-après.

8 Analyse préventive -Compatibilité GSMR

8.1 Impact Couverture radio

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

Le niveau minimum de couverture radio GSM-R sur la zone, post implantation de la centrale, peut-être estimé sur la base des mesures CW 50% si ces dernières sont fournies ou sur la base d'une simulation ATOLL.

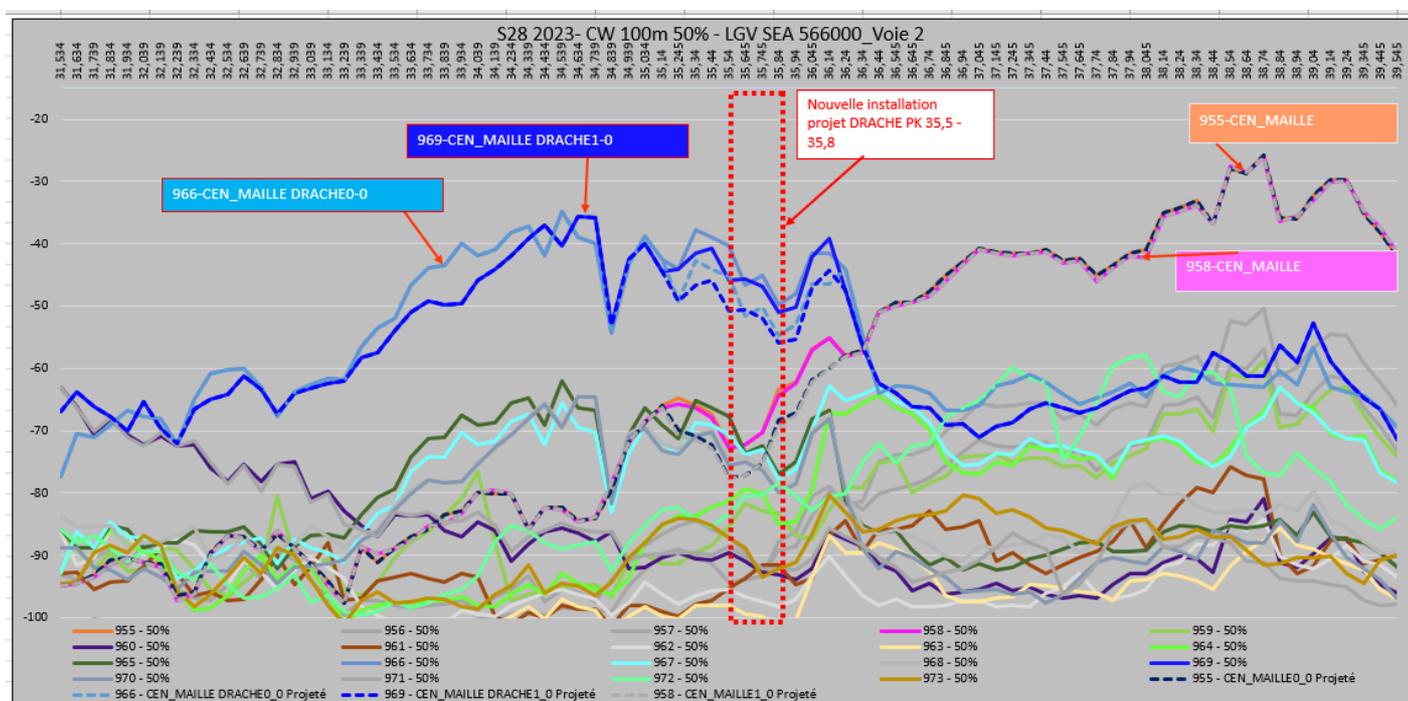


Figure 11 – Exemple de Courbes CW + Atténuation

Les simulations radio réalisées dans le cadre de cette étude, mettront en évidence le risque ou non d'impact sur la couverture GSM-R :

➔ **Risque dégradation / perturbation : Probablement négligeable mais nécessitant la mise à disposition des mesures CW 50% ou la réalisation d'une simulation ATOLL pour confirmation.**

8.2 Impact PEF

Les tailles des cellules encadrants, post application du coefficient d'atténuation, la zone d'implantation de la centrale solaire d'ARGENTRE (cellules GSM-R PDL_LOUVIGNE0_0\1_0 et PDL_LOUVERNE_LGV0_1) seront étudiés pour les comparer à la situation actuelle.

Vu l'éloignement des limites ZAR/ZAL et le risque de perturbation estimé au maximum à 5dB au niveau de la centrale photovoltaïque, le risque de modification en termes de tailles de cellules et diffusion d'alerte ZDA est faible. De même la zone de diffusion d'Alerte est en dehors de contraintes de types gares traversantes, et définie au PEF comme une zone de pleine voie.

La nouvelle distance de couverture d'obstacle (2*DCO) sera étudiée pour la comparer à la situation actuelle.

En termes de localisation des tolérances ZAR / ZAL, l'influence possible sur la couverture par la centrale sera étudiée. Le risque d'impact sur la tolérance ZAL sera étudié.

- **Risque dégradation / perturbation : Probablement négligeable mais nécessitant la mise à disposition des mesures CW 50% ou la réalisation d'une simulation ATOLL pour confirmation.**

8.3 Impact Qualité

L'impact sur la qualité de service de l'implantation de la centrale solaire photovoltaïque d'ARGENTRE peut être étudiée à réception des rapports de recette ou de la simulation ATOLL.

- **Risque dégradation / perturbation : Probablement négligeable mais nécessitant la mise à disposition des mesures CW 50% ou la réalisation d'une simulation ATOLL pour confirmation.**

9 Conclusion de l'étude d'impact

Après analyse des contraintes PEF, Cartographie qualité, courbes CW sur la ligne grande vitesse n°48000-1 entre les PK 102,4 – 102,8 le projet d'implantation de la centrale solaire photovoltaïque IEL EXPLOITATION sur le site d'ARGENTRE nous indiquerons si des risques sont identifiés sur le service radio GSM-R.

Au regard des caractéristiques radio GSM-R dont la présence du site GSMR à proximité (environ 4182m), de la zone plutôt dégagée, 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= 2,7 m par rapport au sol maximal), le risque de dégradation du niveau de couverture radio GSM-R résultant de cette étude reste relativement faible.

En synthèse :

- ➔ **Risque dégradation / perturbation : Probablement négligeable mais nécessitant la mise à disposition des mesures CW 50% ou la réalisation d'une simulation ATOLL pour confirmation.**
- ➔ **Recommandations : Probablement négligeable mais nécessitant la mise à disposition des mesures CW 50% ou la réalisation d'une simulation ATOLL pour confirmation.**

