

ENEDIS VIENNE



7 Boulevard Pacatianus
38200 VIENNE
France

A l'attention de M. IBRARD

Tel : 04 74 31 38 54

E-mail : robin.ibrard@enedis-grdf.fr

**ETUDE ACOUSTIQUE/AERAUQUE
- PS AMPERE (VILLEFRANCHE SUR SAONE) -**

01	24/05/2017	Première émission	K.BARONNIER	C.LEMOINE
02	30/05/2017	Mise à jour simulation état prévisionnel – 3 nouveaux TR	K.BARONNIER	C.LEMOINE
03	06/06/2017	Mise à jour simulation état prévisionnel – 2 nouveaux TR	K.BARONNIER	C.LEMOINE
04	19/06/2017	Modifications mineures de présentation	K.BARONNIER	C.LEMOINE
05	/08/2017	- Modification de la puissance acoustique des TR - Solution acoustique de réduction du bruit	C.LEMOINE 	C.MILLARD 
06	24/08/2017	Corrections suite réunion commune	R. BELTRAME	C. MILLARD
Ind	Date	Objet	Rédacteur	Vérificateur
REVISIONS DU DOCUMENT: CVI05639_AINDU_CLE_RA				

L' expertise « dynamique »
www.dBVib.com

SOMMAIRE

1. OBJET	4
2. LEXIQUE ACOUSTIQUE.....	5
3. RÉGLEMENTATION: ARRETE DU 26 JANVIER 2007	6
4. CONDITIONS D'INTERVENTION.....	7
4.1. DATE DE L'INTERVENTION	7
4.2. INTERVENANTS.....	7
4.3. MATERIEL UTILISE	7
4.4. METEOROLOGIE	8
4.4.1. En Limite de Propriété (LdP).....	8
4.4.2. En Zone à Emergence Réglementée (ZER).....	8
5. MESURES ACOUSTIQUES	9
5.1. SITUATION DES POINTS DE MESURES.....	10
5.2. CARTOGRAPHIE DE BRUIT DU SITE	12
5.3. MESURE DE PUISSANCE ACOUSTIQUE DES TRANSFORMATEURS.....	13
5.4. RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENTALES	15
6. SIMULATION ACOUSTIQUE – SANS TRAITEMENT ACOUSTIQUE	16
6.1. SIMULATION DE L'ETAT INITIAL DU PS	16
6.1.1. Présentation du modèle.....	16
6.1.2. Niveau de puissance acoustique expérimental (recalé).....	18
6.1.3. Résultats de la simulation acoustique.....	18
6.2. EVALUATION DE L'ETAT PREVISIONNEL DU PS – 2 TR	19
6.2.1. Présentation du modèle.....	19
6.2.2. Objectifs.....	22
6.2.3. Propriétés acoustiques des loges des transformateurs.....	22
6.2.4. Hypothèses pour le nouveau transformateur.....	23
6.2.5. Etat Prévisionnel 1 : Remplacement et déplacement des TR 311 et TR 312.....	26
6.3. EVALUATION DE L'ETAT PROJETE DU PS – 3 TR	29
6.3.1. Présentation du modèle.....	29
6.3.2. Objectifs.....	31
6.3.3. Propriétés acoustiques des loges des transformateurs.....	31
6.3.4. Etat Projeté : Remplacement des TR 311, TR 312 et TR 313.....	32
7. SIMULATION ACOUSTIQUE – AVEC TRAITEMENT ACOUSTIQUE	35
7.1. DEFINITION DES TRAITEMENTS ACOUSTIQUES	35
7.1.1. Traitement acoustique – Conduite aspiration (air frais).....	35
7.1.2. Traitement acoustique – Conduite de refoulement (air chaud).....	36
7.2. EVALUATION DE L'ETAT PREVISIONNEL DU PS AVEC TRAITEMENT ACOUSTIQUE – 2 TR	37
7.2.1. Propriétés acoustiques des loges des transformateurs.....	37
7.2.2. Etat Projeté avec traitement acoustique : Remplacement des TR 311, TR 312.....	38
7.3. EVALUATION DE L'ETAT PREVISIONNEL DU PS AVEC TRAITEMENT ACOUSTIQUE – 3 TR	41
7.3.1. Propriétés acoustiques des loges des transformateurs.....	41

7.3.2. Etat Projeté avec traitement acoustique : Remplacement des TR 311, TR 312 et TR 313	42
8. SIMULATION AERAULIQUE – AVEC TRAITEMENT ACOUSTIQUE.....	45
8.1. MAQUETTE D’UN POSTE EN LOGE FERMEE	45
8.2. CONDITIONS INITIALES	46
8.3. CALCUL ET RESULTATS.....	48
8.3.1. Résultat du calcul complet.....	48
8.3.2. Pressions relatives et charges	50
8.3.3. Conclusion	50
9. CONCLUSION	52
9.1. CARACTERISATION DE L’ETAT INITIAL.....	52
9.2. ETAT PREVISIONNEL ET PROJETE – SANS TRAITEMENT ACOUSTQUE	52
9.3. ETAT PREVISIONNEL ET PROJETE – AVEC TRAITEMENT ACOUSTQUE	54
9.4. ETAT PREVISIONNEL – AERAULIQUE.....	55
ANNEXES	57

ANNEXE 1 : Fiches des mesures acoustiques	57
ANNEXE 2 : Evaluation de la puissance acoustique du Transformateur 312	68
ANNEXE 3 : Recalage de la puissance acoustique du transformateur	71
ANNEXE 4 : Directives acoustiques ENEDIS.....	74
ANNEXE 5 : Puissance acoustique de la réfrigération :.....	75
ANNEXE 6 : Puissance acoustique de la partie active du TR :	77

1. OBJET

ENEDIS souhaite évaluer l'impact acoustique d'un projet d'aménagement du PS de Villefranche sur Saône (69).

Ce projet consiste :

- Au remplacement des 2 loges existantes par des loges fermées (4 murs+toit) avec **nouveaux transformateurs** (2), ainsi que l'ajout éventuel d'un nouveau transformateur;

Cette étude d'impact acoustique a pour objectif d'établir :

1. Un **état initial** du site :

- Mesure du niveau de bruit ambiant chez les riverains les plus proches avec le fonctionnement actuel du poste ;

2. La **puissance acoustique** des transformateurs actuellement en place et possiblement conservés :

- Mesure sur le TR 312 (identique au TR 311).

3. Un **état prévisionnel** du projet :

- Evaluation de l'impact acoustique du projet chez les riverains dans le cas du remplacement des 2 transformateurs existants (TR 311 et TR 312).
- Evaluation de l'impact acoustique du projet chez les riverains dans le cas du remplacement des 2 transformateurs existants (TR 311 et TR 312) et de l'ajout d'un nouveau TR 313.

Des solutions acoustiques sur les loges (silencieux) ont également été dimensionnées afin de respecter les contraintes aérauliques de refroidissement des transformateurs.

2. LEXIQUE ACOUSTIQUE

Ci-dessous sont définis les indicateurs acoustiques qui sont utilisés dans ce rapport.

- **Bruit ambiant** : Bruit total existant dans une situation donnée pendant un intervalle de temps donné. Il est composé de l'ensemble des bruits émis par toutes les sources proches ou éloignées.
- **Bruit particulier** : Composante du bruit ambiant qui peut être identifiée spécifiquement et que l'on désire distinguer du bruit ambiant notamment parce qu'il est l'objet d'une requête.
- **Bruit résiduel** : Bruit ambiant, en l'absence du bruit particulier, objet de la requête considérée.
- **Émergence** : Modification temporelle du niveau de bruit ambiant induite par l'apparition ou la disparition d'un bruit particulier. Cette modification porte sur le niveau global ou sur le niveau mesuré dans une bande quelconque de fréquence.
- **Niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A, L_{Aeq}** : Valeur du niveau de pression acoustique pondéré A d'un son stable qui, au cours d'une période spécifique, a la même pression quadratique moyenne qu'un son considéré dont le niveau varie en fonction du temps.
- **Niveau acoustique fractile, L_{AN}** : Niveau de pression acoustique pondéré A qui est dépassé pendant N% de l'intervalle de temps considéré. Par exemple L_{A90} est le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A dépassé pendant 90% de l'intervalle de mesurage.
- **Tonalité marquée** : La tonalité marquée est détectée dans un spectre non pondéré de tiers d'octave quand la différence de niveau entre la bande de tiers d'octave et les quatre bandes de tiers d'octave les plus proches (les deux bandes immédiatement inférieures et les deux bandes immédiatement supérieures) atteint ou dépasse les niveaux indiqués dans le tableau ci-après pour la bande considérée :

Cette analyse se fera à partir d'une acquisition minimale de 10 s		
50 Hz à 315 Hz	400 Hz à 1250 Hz	1600 Hz à 8000 Hz
10 dB	5 dB	5 dB

Les bandes sont définies par fréquence centrale de tiers d'octave.

3. RÉGLEMENTATION: ARRÊTÉ DU 26 JANVIER 2007

Arrêté du 26 janvier 2007 modifiant l'arrêté du 17 mai 2001 modifié fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique.

Arrêté technique de 2001 (UTE C11001) Article 12Ter

ARTICLE 12 TER

Limitation de l'exposition des tiers au bruit des équipements

Les équipements des postes de transformation et les lignes électriques sont conçus et exploités de sorte que le bruit qu'ils engendrent, mesuré à l'intérieur des locaux d'habitation, conformément à la norme NFS 31 010 relative à la caractérisation et au mesurage des bruits de l'environnement, respecte l'une des deux conditions ci-dessous :

- a) Le bruit ambiant mesuré, comportant le bruit des installations électriques, est inférieur à 30 dB (A) ;
- b) L'émergence globale du bruit provenant des installations électriques, mesurée de façon continue, est inférieure à 5 décibels A pendant la période diurne (de 7 heures à 22 heures) et à 3 décibels A pendant la période nocturne (de 22 heures à 7 heures).

Pour le fonctionnement des matériels de poste, les valeurs admises de l'émergence sont calculées à partir des valeurs de 5 décibels A pendant la période diurne (de 7 heures à 22 heures) et à 3 décibels A pendant la période nocturne (de 22 heures à 7 heures), valeurs auxquelles s'ajoute un terme correctif, fonction de la durée cumulée d'apparition du bruit particulier, selon le tableau ci-après :

Le fonctionnement d'un transformateur étant de 24h/24h, les exigences réglementaires sont les suivantes :

Niveau de bruit ambiant existant en ZER (incluant le bruit de l'établissement)	Emergence admissible entre 7h et 22h	Emergence admissible entre 22h et 7h
> 30 dB(A)	5 dB(A)	3 dB(A)

Emergence = Niveau de bruit ambiant – Niveau de bruit résiduel

Niveau de bruit ambiant : installations industrielles en fonctionnement

Niveau de bruit résiduel : installations industrielles à l'arrêt

Nous emploierons ici le terme de ZER (Zone à Emergence Réglementée) pour les riverains du site concernés par l'arrêté du 26 janvier 2007.

Remarque : La réglementation prévoit des mesures à l'intérieur des habitations des riverains. Toutefois ces mesures ne sont pas réalisables dans la pratique. Par conséquent, nous réalisons ces mesures en limite de propriété du riverain ou à proximité d'une ouverture (fenêtre) lorsque cela est possible.

4. CONDITIONS D'INTERVENTION

4.1. DATE DE L'INTERVENTION

Les mesures de puissance acoustique du transformateur TR 312 ainsi que les mesures de bruit environnementales (ambiant et résiduel en période diurne et nocturne) ont été réalisées le 03 mai 2017.

4.2. INTERVENANTS

Les personnes ayant réalisées les mesures sont :

- Mathieu DELEAGE de la société dBVib Consulting ;
- Kévin BARONNIER de la société dBVib Consulting.

4.3. MATÉRIEL UTILISÉ

Identification	Marque/type/classe	N° de série	Date limite de conformité
ACOU SONO 04	dBVib / SONATE+/ Classe 1	12020006	18/10/2017
ACOU SONO 08	dBVib / SONATE+/ Classe 1	13120030	18/10/2017
ACOU SONO 09	dBVib / SONATE+/ Classe 1	13120031	18/10/2017
ACOU SONO 10	dBVib / SONATE+/ Classe 1	15100041	27/10/2017
ACOU CAL 01	dBVib / CAL 300	13020015	07/09/2017

4.4. MÉTÉOROLOGIE

4.4.1. En Limite de Propriété (LdP)

La zone d'éloignement entre la source et le point récepteur étant de 0 à 40m, les conditions météorologiques n'ont qu'une influence négligeable d'après la norme NF S 31-010/A1.

Les conditions météorologiques suivant la norme NF S 31-010/A1 sont négligeables sur la propagation du bruit.

4.4.2. En Zone à Emergence Réglementée (ZER)

Pour les points ZER et Résiduel, les conditions météorologiques étaient :

Période	Vent	Température	Effets météorologiques
Diurne	U3	T3	Nuls ou négligeables
Nocturne	U2	T4	Nuls ou négligeables

La zone d'éloignement entre la source et les points récepteurs étant supérieur à 40m, il convient d'estimer chacune des caractéristiques « U » pour le vent et « T » pour la température suivant les conditions décrites au 6.4.2 de la norme NF S 31-010.

Les conditions météorologiques suivant la norme NF S 31-010/A1 sont négligeables sur la propagation du bruit.

5. MESURES ACOUSTIQUES

Cette section présente les mesures de bruit réalisées sur site. L'évaluation de l'état acoustique initial du poste doit nous permettre de définir la contribution maximale du poste source avec la mise en place du nouveau transformateur, afin de ne pas dégrader la situation acoustique.

Limitations de l'étude et démarche proposée :

Selon l'arrêté du 26 janvier 2007, le poste source doit satisfaire aux critères d'émergences diurne et nocturne. Pour cela, le bruit résiduel, **sans l'activité du poste**, devrait être évalué. Cependant, il n'est pas possible d'arrêter les transformateurs pour cette mesure.

Nous ne pourrions donc pas évaluer l'impact acoustique au sens strict de l'arrêté en vigueur.

- Soit nous prenons un point masqué du bruit du poste source comme référence du bruit résiduel. Ce point suppose également de prendre en compte toutes les sources de bruit autres que le poste source (pas toujours possible).
Dans ce cas, nous pourrions calculer les émergences réglementaires de l'arrêté en vigueur.
- Soit nous connaissons les puissances acoustiques des sources actuelles du poste source. Il est alors possible de soustraire du bruit ambiant la contribution acoustique du PS chez les riverains et donc d'estimer le bruit résiduel.
Dans ce cas, nous pourrions estimer les émergences réglementaires de l'arrêté en vigueur.
- Soit ces points précédents ne sont pas réalisables. Nous prendrons alors à défaut le bruit ambiant actuel comme référence de l'étude.
Dans ce cas, nous considérerons que les modifications sur le poste source ne devront pas contribuer à l'élévation du niveau de bruit ambiant actuel chez le riverain (pas de dégradation de la situation acoustique initiale).
Dans ce cas nous ne pouvons pas vérifier les émergences réglementaires.

Pour cette étude, un point masqué du bruit du poste source a été mesuré sur site.

Nous avons dans ce cas présent pu **estimer** le bruit résiduel chez les riverains et donc les émergences réglementaires.

5.1. SITUATION DES POINTS DE MESURES

Adresse : Rue Ampere, 69400 Villefranche-sur-Saône

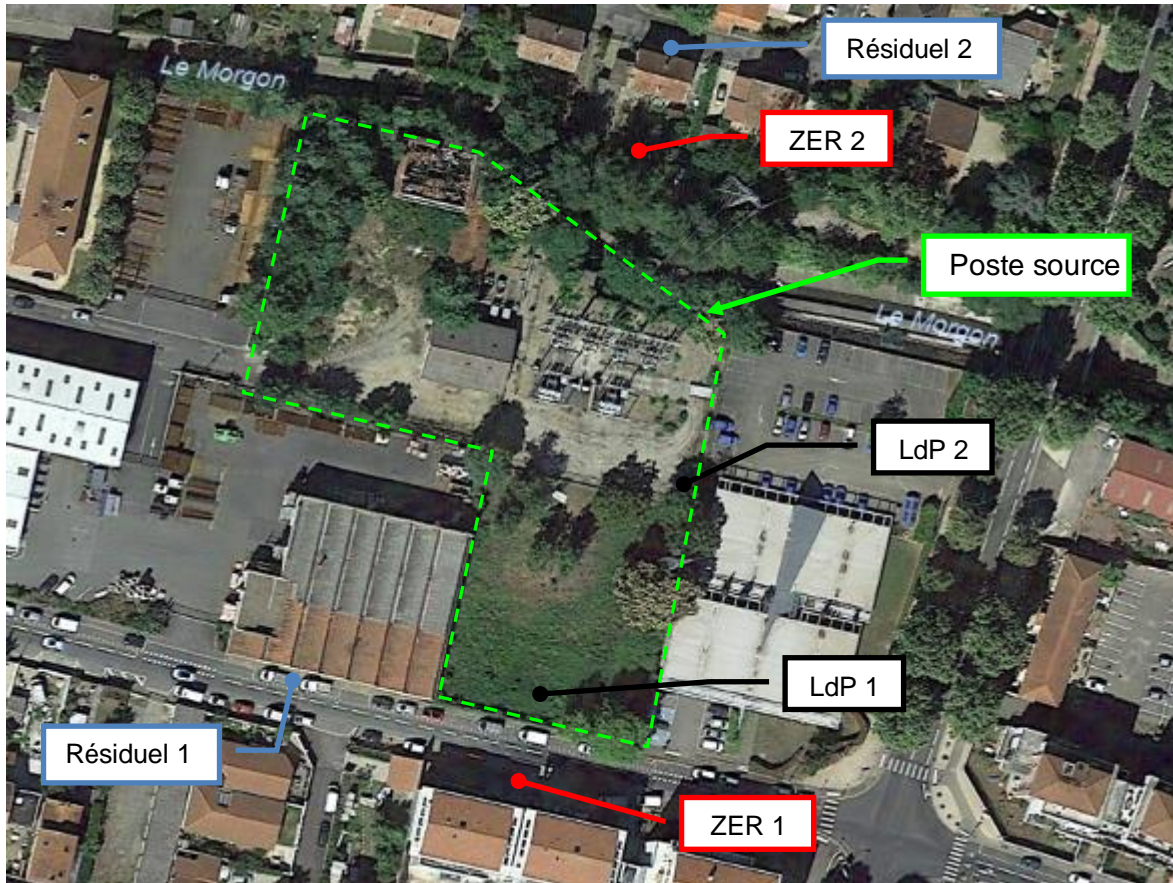


Figure 1 : Localisation de la parcelle du PS

Les transformateurs ne pouvant pas être arrêtés, le **bruit résiduel** a donc été mesuré sur un emplacement masqué du bruit des transformateurs.

Des relevés de niveaux de pression acoustique ont également été réalisés dans l'enceinte du site, à proximité des transformateurs.

Les points de mesures sont :

- 2 points en Limite de Propriété :
 - **LdP 1** : à proximité de la Rue Ampère;
 - **LdP 2** : à l'angle du site d'ENEDIS, à proximité de l'entreprise adjacente ;
- 2 points en Zone à Emergence Réglementée (bruit ambiant) :
 - **ZER 1** : devant le riverain au 702 Rue Ampère ;
 - **ZER 2** : dans le jardin du riverain au 202 Rue Maurice Ravel;
- 2 points en Zone à Emergence Réglementée (bruit résiduel) :
 - **Résiduel 1** : derrière le bâtiment au 616 Rue Ampère ;
 - **Résiduel 2** : devant le riverain au 202 Rue Maurice Ravel;

La figure suivante présente l'implantation des transformateurs dans l'enceinte du poste source :

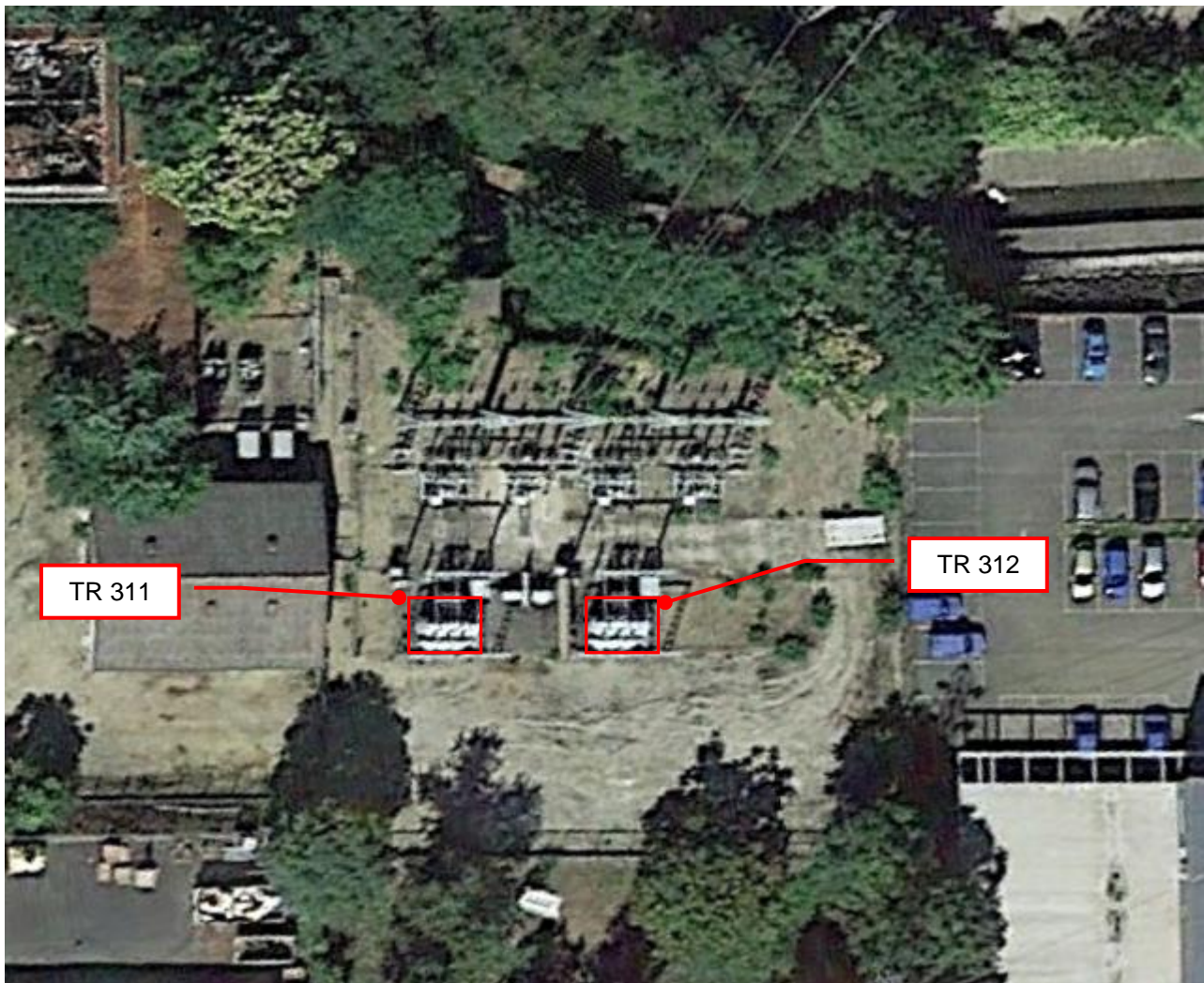


Figure 2 : Localisation des transformateurs dans l'enceinte du PS

5.2. CARTOGRAPHIE DE BRUIT DU SITE

Une cartographie acoustique a été réalisée dans l'enceinte du poste source afin de vérifier l'influence des transformateurs en fonctionnement sur le bruit ambiant ainsi que la présence éventuelle d'autres sources de bruit.



Figure 3 : Cartographie de bruit à 1.5 m du sol

Les relevés de niveaux de pression acoustique dans l'enceinte du poste source mettent en évidence les transformateurs, et plus particulièrement leurs groupes de réfrigération, comme sources de bruit principales du PS.

Note : lors des mesures, les deux transformateurs fonctionnaient avec tous leurs ventilateurs (3 pour chaque TR).

5.3. MESURE DE PUISSANCE ACOUSTIQUE DES TRANSFORMATEURS

Des niveaux de pression acoustique ont été mesurés le 03/05/2017 (essais acoustiques sur site avec les deux transformateurs en fonctionnement maximal).

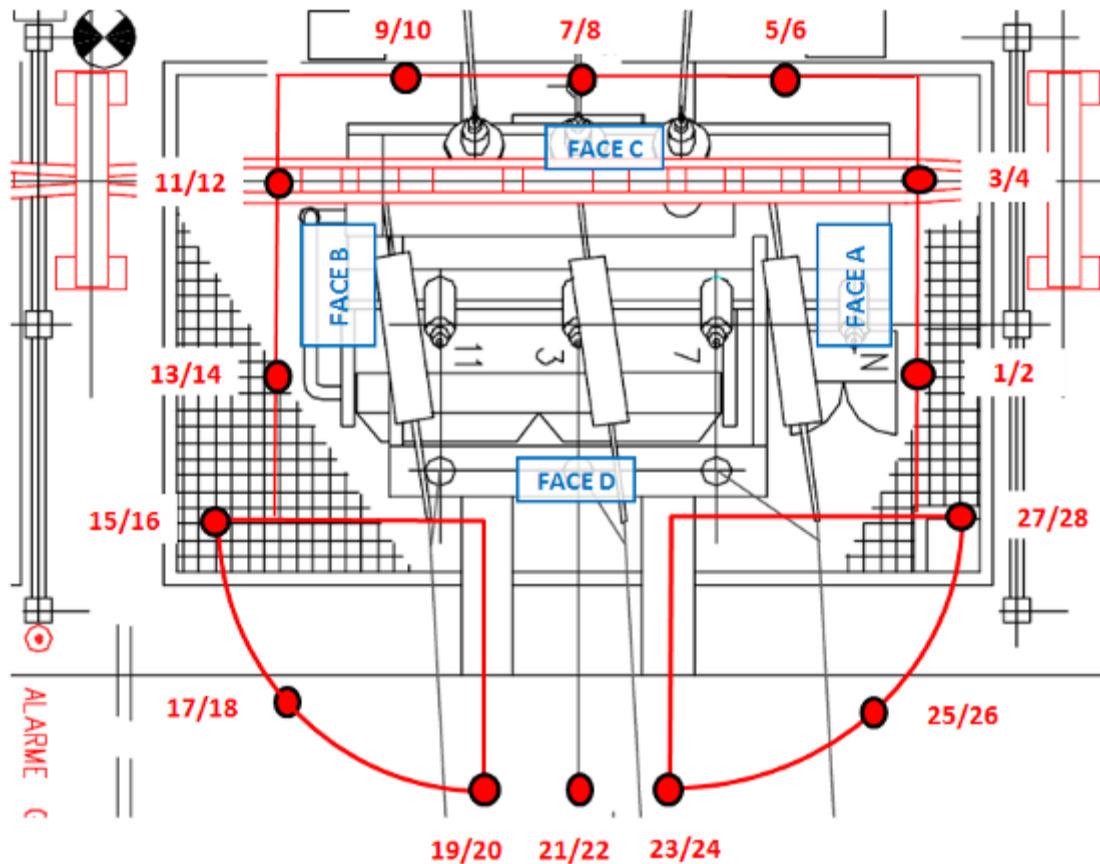


Figure 4 : Emplacement des mesures autour du TR

Le niveau de puissance acoustique (L_w) a été évalué expérimentalement à l'aide des mesures de niveau de pression (L_p) du 03/05/2017. Les essais acoustiques ont été réalisés avec la ventilation du transformateur en fonctionnement maximal (3 ventilateurs).

Le détail des calculs des niveaux de puissance acoustique par bande de 1/3 d'octave du transformateur 312 est donné en Annexe 2, par face de mesure.

La modélisation (voir le chapitre 6) nous a permis de recalculer les niveaux de puissance (L_w recalé) de chaque face des transformateurs.

Le tableau suivant présente les niveaux de puissance acoustique globaux (dB(A)), par face, pour le transformateur TR 312 :

Face	TR312		
	L_p mesuré	L_w évalué	L_w recalé
A	68.3	78.0	75.5
B	73.4	83.1	82.1
C	69.3	80.7	78.7
D (aéros)	71.5	85.0	92.0
Toit*	-	83.1	82.1

***FACE TOIT : Il n'est pas possible de mesurer cette face. Par conséquent, nous avons considéré la même puissance acoustique que pour la face B.**

5.4. RESULTATS DES MESURES ENVIRONNEMENTALES

Dans le cas général, l'indicateur utilisé est le L_{Aeq} . Dans certaines situations particulières, cet indicateur n'est pas suffisamment adapté. Ces situations se caractérisent par la présence de bruits intermittents, porteurs de beaucoup d'énergie mais qui ont une durée d'apparition suffisamment faible pour ne pas présenter, à l'oreille, d'effet de " masque " du bruit de l'installation. Une telle situation se rencontre notamment lorsqu'il existe un trafic très discontinu.

Dans le cas où la différence $L_{Aeq} - L_{A50}$ est supérieure à 5 dB(A), on utilise comme indicateur d'émergence la différence entre les indices fractiles L_{A50} calculés sur le bruit ambiant et le bruit résiduel (sauf si les bruits intermittents proviennent du site en question).

Nota : L'utilisation du L_{A90} peut être prise en compte dans les cas où un bruit ponctuel fréquent et aléatoire à proximité de la mesure du bruit résiduel n'est pas relevé sur la mesure du bruit ambiant.

L'indicateur utilisé apparaît en gras.

5.4.1.1. En période diurne

Durant les mesures de bruit ambiant, les transformateurs TR311 et TR312 fonctionnaient en régime nominal (3 ventilateurs par transformateur).

Point de mesure	Niveau de bruit ambiant en dB(A)			Niveau de bruit résiduel en dB(A)			Emergence	Emergence maximale autorisée	Conformité
	L_{Aeq}	L_{A50}	L_{A90}	L_{Aeq}	L_{A50}	L_{A90}			
ZER 1	65.5	56.5	51.5	72.0	58.0	45.0	0.0	5.0	Oui
ZER 2	49.5	47.0	44.5	52.5	44.5	41.5	2.5	5.0	Oui

Durant la période diurne (7h-22h), les émergences évaluées en ZER 1 et ZER 2 respectent le critère réglementaire de 5.0 dB(A).

5.4.1.2. En période nocturne

Durant les mesures de bruit ambiant, les transformateurs TR311 et TR312 fonctionnaient en régime nominal (3 ventilateurs par transformateur).

Point de mesure	Niveau de bruit ambiant en dB(A)			Niveau de bruit résiduel en dB(A)			Emergence	Emergence maximale autorisée	Conformité
	L_{Aeq}	L_{A50}	L_{A90}	L_{Aeq}	L_{A50}	L_{A90}			
ZER 1	57.5	49.5	48.5	62.0	38.5	35.5	11.0	3.0	Non
ZER 2	43.5	42.5	42.0	43.0	36.0	34.5	6.5	3.0	Non

Durant la période nocturne (22h-7h), les émergences évaluées en ZER 1 et ZER 2 ne respectent pas le critère réglementaire de 3.0 dB(A).

6. SIMULATION ACOUSTIQUE – SANS TRAITEMENT ACOUSTIQUE

Afin de connaître l'impact acoustique du projet de renouvellement du PS de Villefranche-sur-Saône (remplacement des transformateurs actuels), une simulation du poste source est réalisée.

6.1. SIMULATION DE L'ETAT INITIAL DU PS

Cette section présente la simulation de l'état initial (i.e avec les 2 TR actuels) afin de procéder à un recalage du modèle sur les mesures expérimentales.

6.1.1. Présentation du modèle

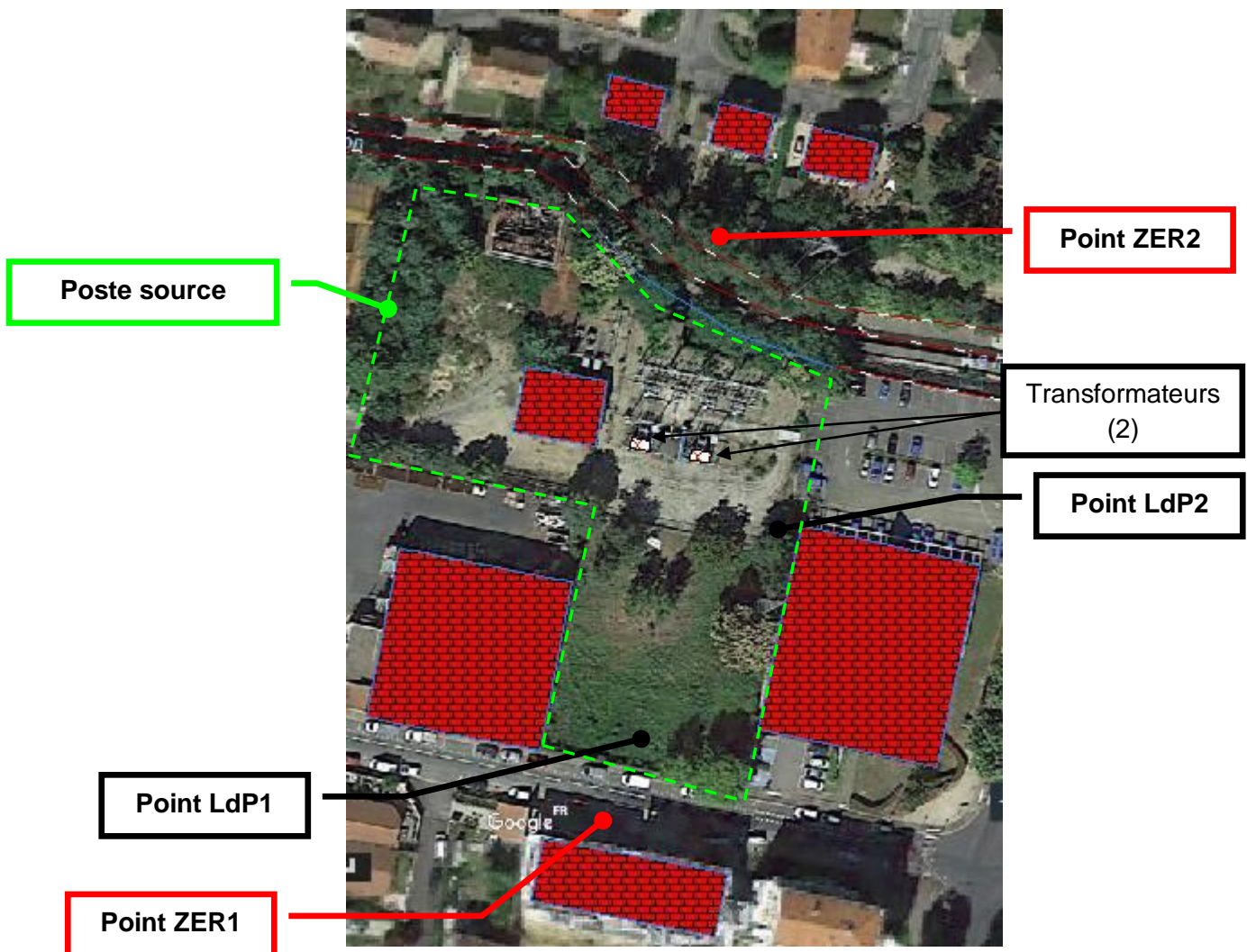


Figure 5 : Vue d'ensemble du projet en 2D

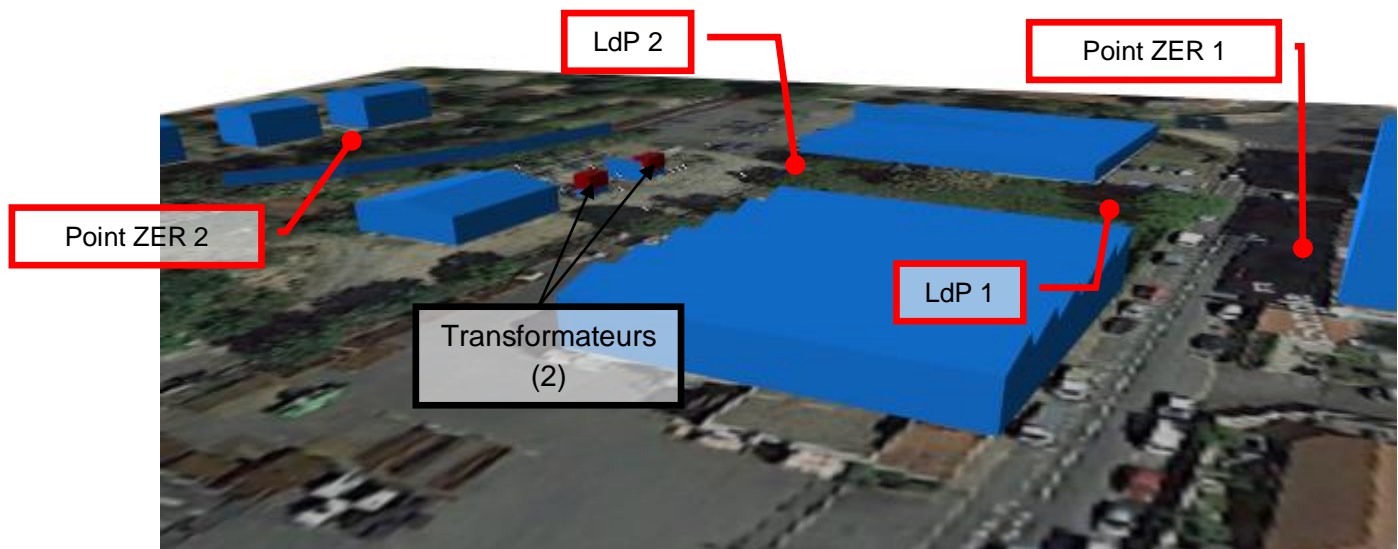


Figure 6 : Vue d'ensemble du projet en 3D

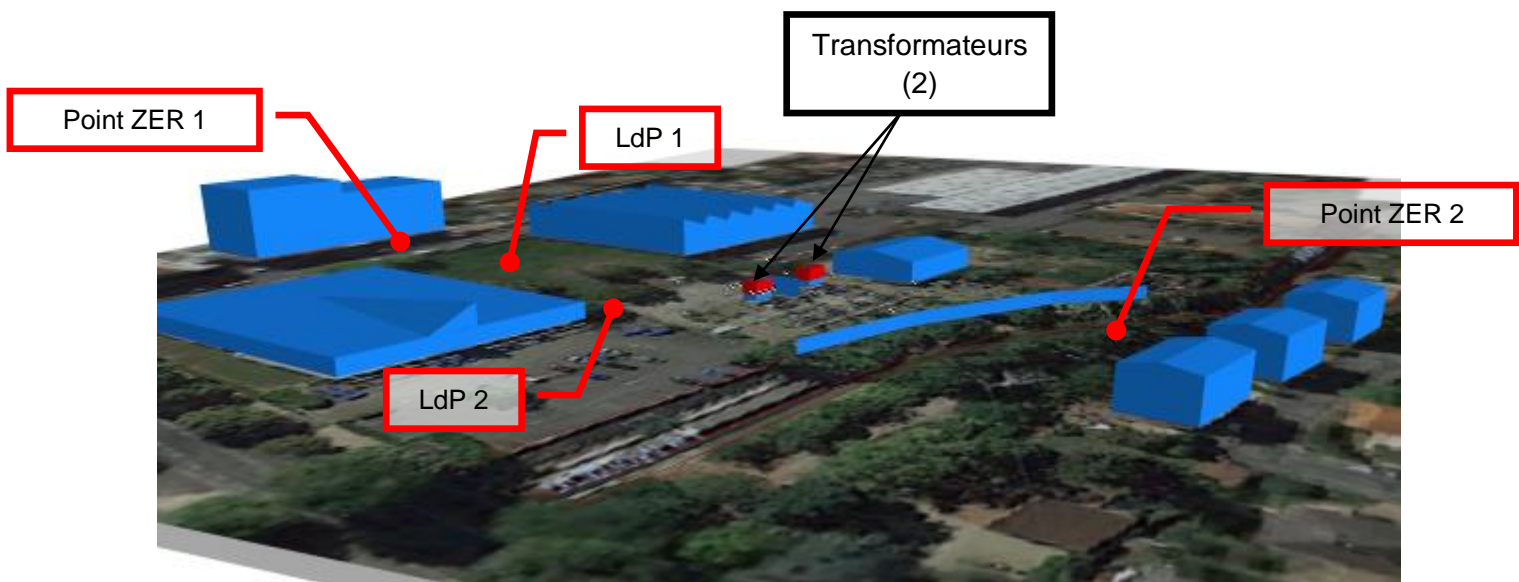


Figure 7 : Vue d'ensemble du projet en 3D

Le poste source initial est modélisé avec les éléments suivants :

- 2 transformateurs électriques (TR311 et TR312) avec leurs groupes de réfrigération (3 ventilateurs) : **Ce sont les uniques sources de bruit du projet** ;
- Mur pare-feu entre les transformateurs TR311 et TR312 (3.5 m de haut) ;
- Le bâtiment de commande ;
- 2 zones à émergence réglementée (**ZER1** et **ZER2**) regroupant les riverains les plus proches et/ou les plus impactés du poste source ;
- Plusieurs points récepteurs de référence pour l'évaluation du bruit.

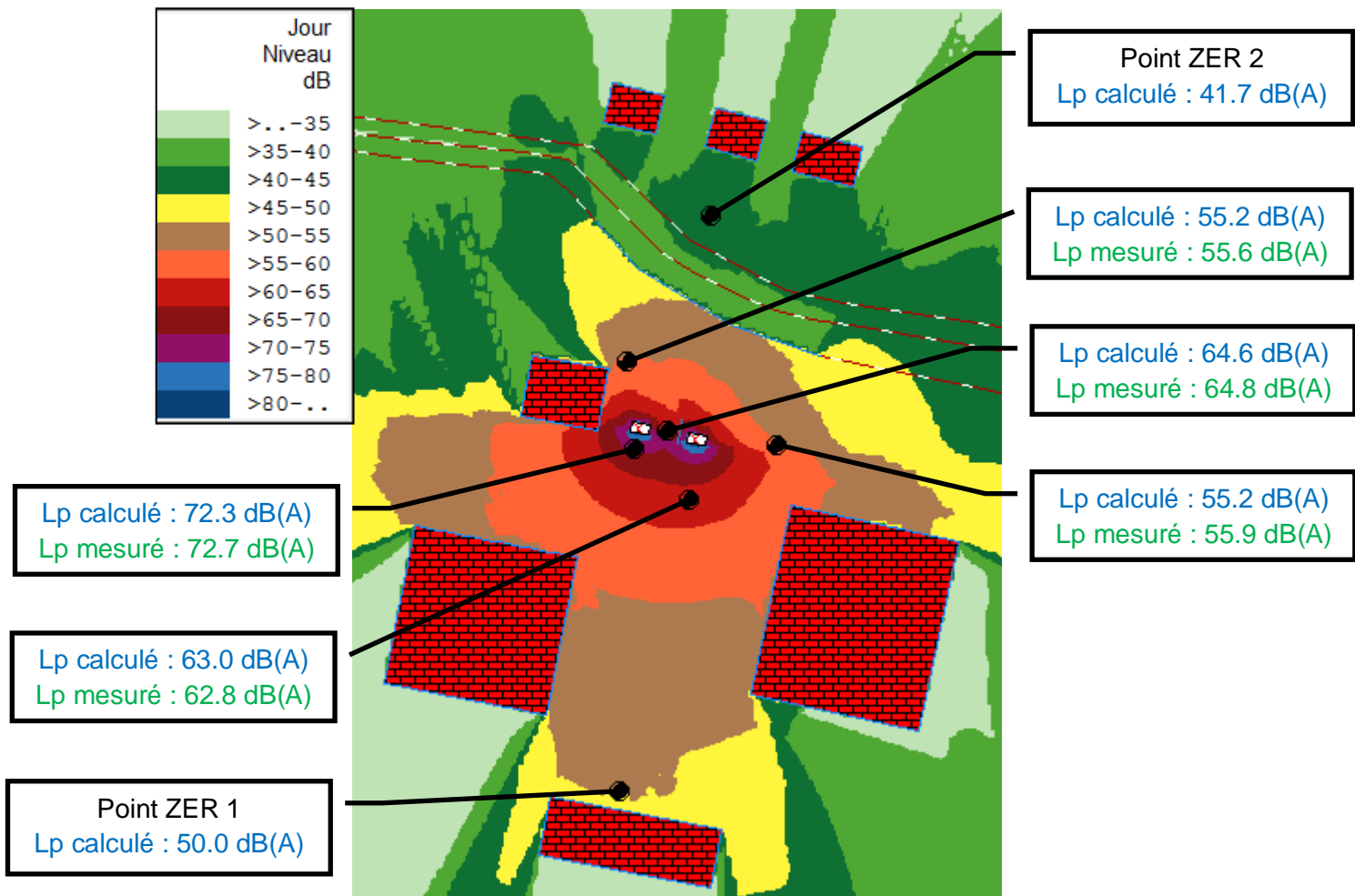
Nous effectuerons la simulation pour le cas où les 2 transformateurs sont en service simultanément avec leurs groupes de réfrigération au maximum (3 ventilateurs en marche).

6.1.2. Niveau de puissance acoustique expérimental (recalé)

La puissance acoustique a été évaluée expérimentalement le 03/05/2017 (essais acoustiques sur site avec 1 transformateur en fonctionnement maximal).

Nous avons recalé les niveaux de puissance acoustique des transformateurs lors de notre simulation. Le recalage des niveaux de puissance acoustique des transformateurs 311 et 312 est donné en Annexe 3, par face (par bande de 1/3 d'octave).

6.1.3. Résultats de la simulation acoustique



La cartographie acoustique simulée permet de visualiser l'impact acoustique des 2 transformateurs en configuration initiale dans l'environnement.

Les niveaux acoustiques calculés avec ce modèle sont très proches des niveaux de bruit ambiant diurnes mesurés à proximité des transformateurs.

Le modèle acoustique est donc bien recalé sur les mesures environnementales.

6.2. EVALUATION DE L'ÉTAT PRÉVISIONNEL DU PS – 2 TR

6.2.1. Présentation du modèle

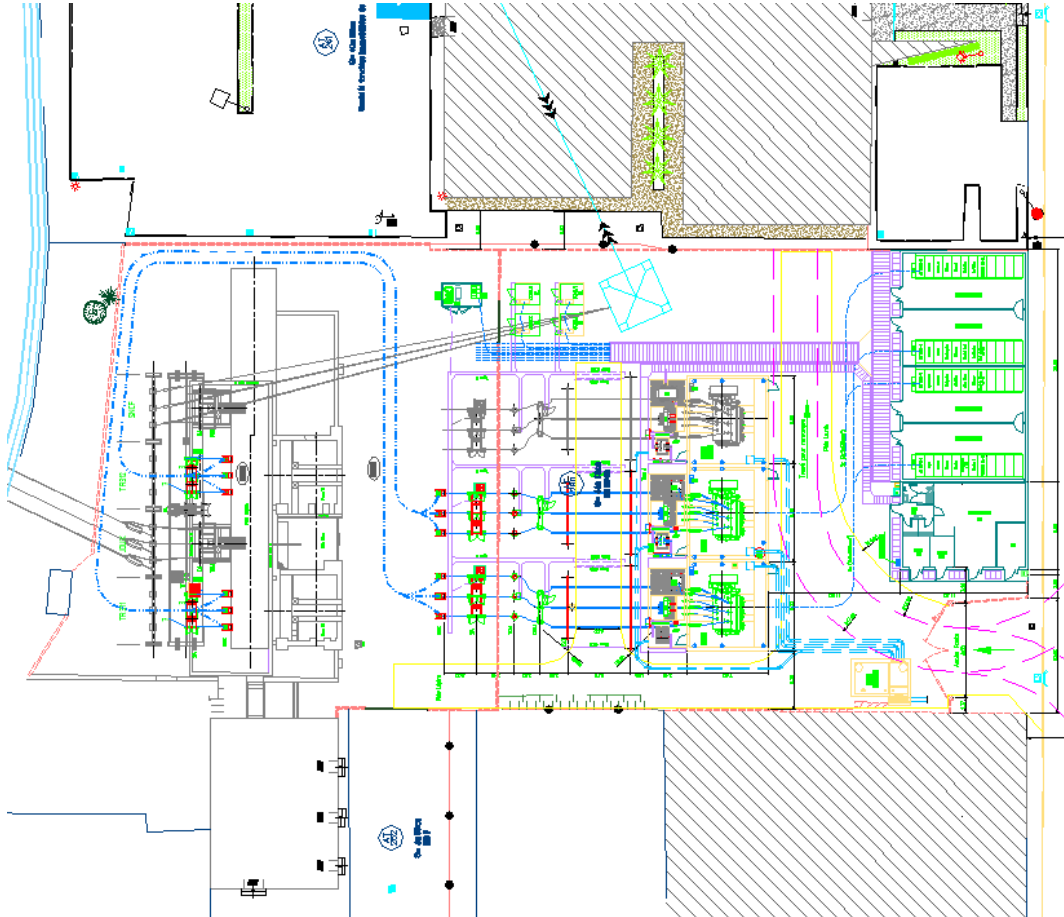


Figure 8 : Plan ENEDIS de l'état projeté (solution 1)

Un état prévisionnel du poste source a été simulé afin de calculer son influence :

- Déplacement et remplacement des transformateurs actuels (TR311 et TR312) ;
- Construction d'un bâtiment commande (hauteur = 4m).

Pour la configuration testée, il est prévu de mettre en place une **loge fermée** de 4 murs + 1 toit de **6 m de hauteur** autour de chaque TR. Les ouvertures se trouvent en toiture de la loge et sur le mur Nord de la loge, pour assurer le passage d'air de la ventilation.

Le poste source est modélisé avec les éléments suivants :

- Les transformateurs électriques **TR311, TR312** ;
- **Les transformateurs sont les uniques sources de bruit du projet** ;
- Mis à part les ouvertures aérauliques, les loges sont totalement fermées ;
- 2 zones à émergence réglementée (**ZER 1 et ZER 2**) regroupant les riverains les plus proches du poste source ;

Nous effectuerons la simulation pour le cas où les 2 transformateurs sont en service simultanément avec leur groupe réfrigération au maximum.

Remarque : Les nouveaux transformateurs sont équipés :

- D'un dispositif de réfrigération à **bruit réduit (critère fournisseur $L_w < 75 \text{ dB(A)}$)** ;
- La partie active de la cuve (TR seul) associée à une puissance acoustique de 86 dB(A) (**critère fournisseur $L_w < 86 \text{ dB(A)}$**).

Les puissances acoustiques prises en compte sont celles données par ENEDIS (mail de Mr Gérard PASTEUR sur les références acoustiques d'étude des transformateurs, annexe 24).

La puissance acoustique prise en référence sur la réfrigération est donnée en annexe 5.

La puissance acoustique du TR seul est donnée en annexe 6.

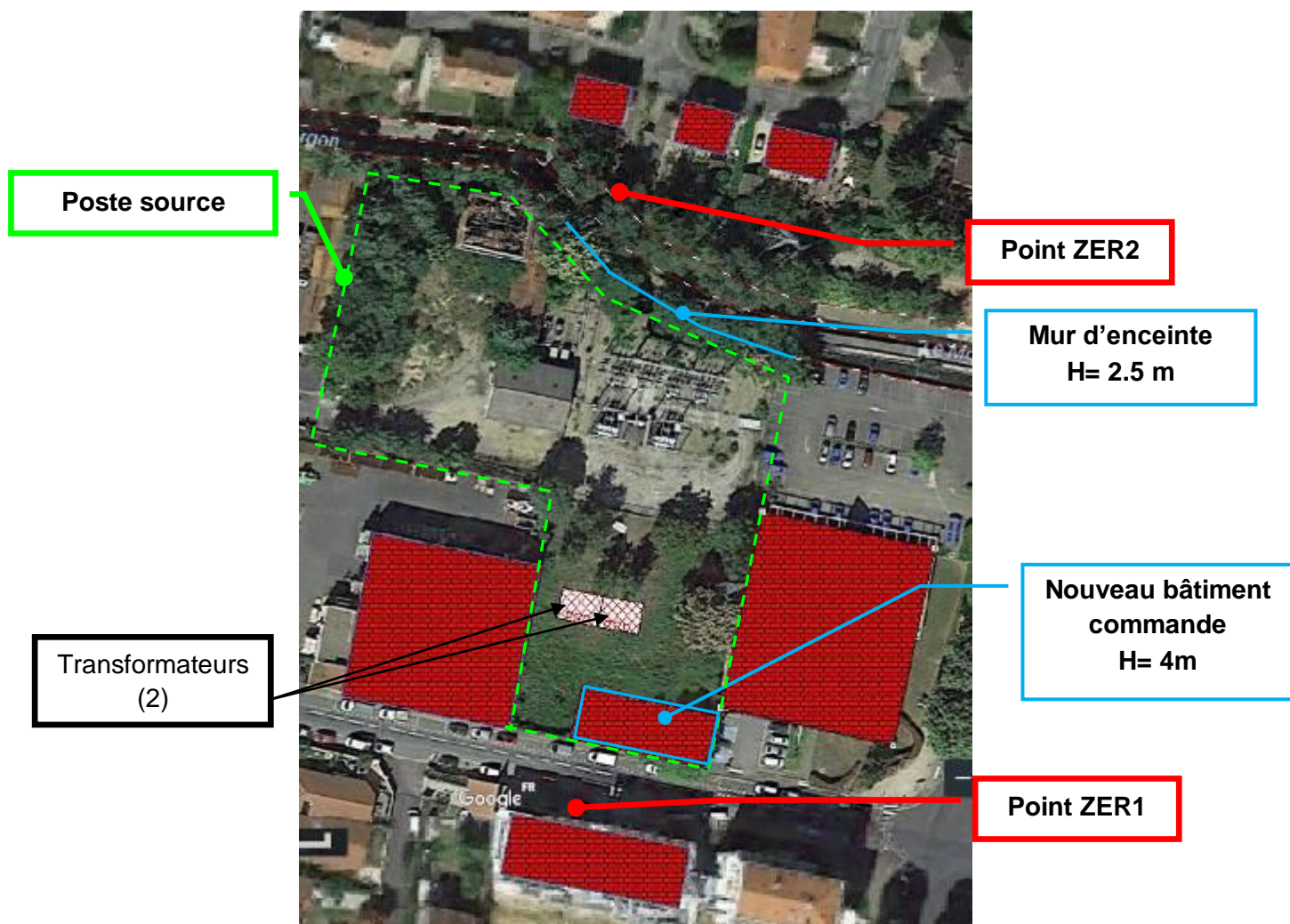


Figure 9 : Vue d'ensemble en 2D du projet à l'état prévisionnel

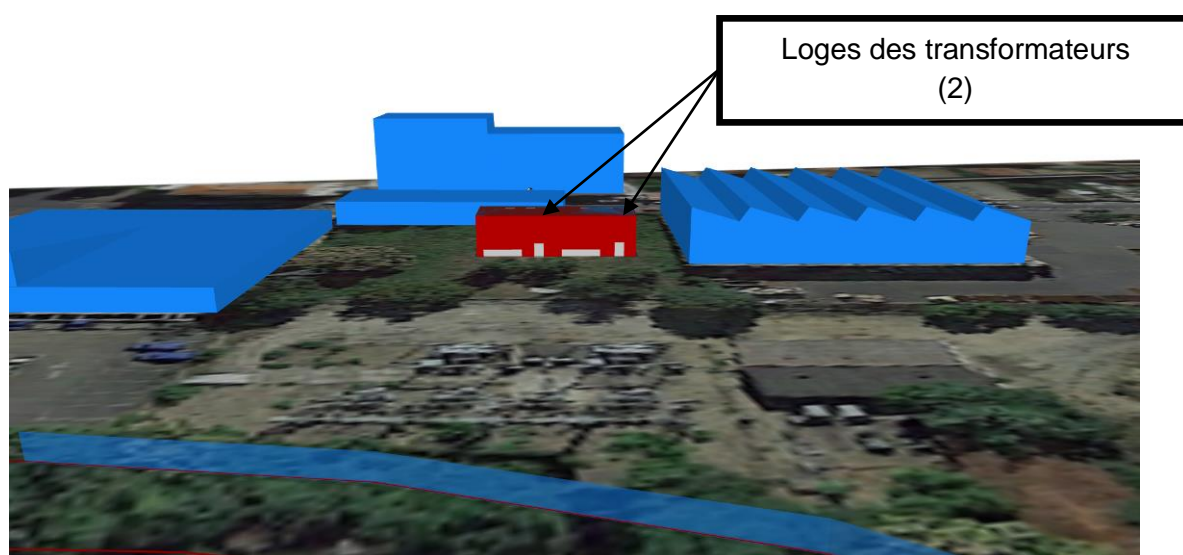


Figure 10 : Vue d'ensemble en 3D des loges des transformateurs

6.2.2. Objectifs

Les mesures du bruit résiduel actuel nous ont permis de définir la contribution acoustique maximale pour les transformateurs TR311 et TR312, afin de respecter le critère d'urgence.

La période nocturne étant la plus contraignante en termes d'objectif de bruit, nous avons retenu comme référence son niveau de bruit résiduel, estimé sur le point masqué du PS.

La contribution acoustique maximale du poste source dans sa configuration finale est donnée dans le tableau suivant :

Point de mesure	Niveau bruit résiduel estimé	Emergence limite réglementaire	Contribution maximale autorisée pour le PS
ZER 1	38.5 dB(A)	3.0 dB(A)	38.5 dB(A)
ZER 2	36.0 dB(A)	3.0 dB(A)	36.0 dB(A)

Tableau 1 : Contribution maximale autorisée pour le PS final

6.2.3. Propriétés acoustiques des loges des transformateurs

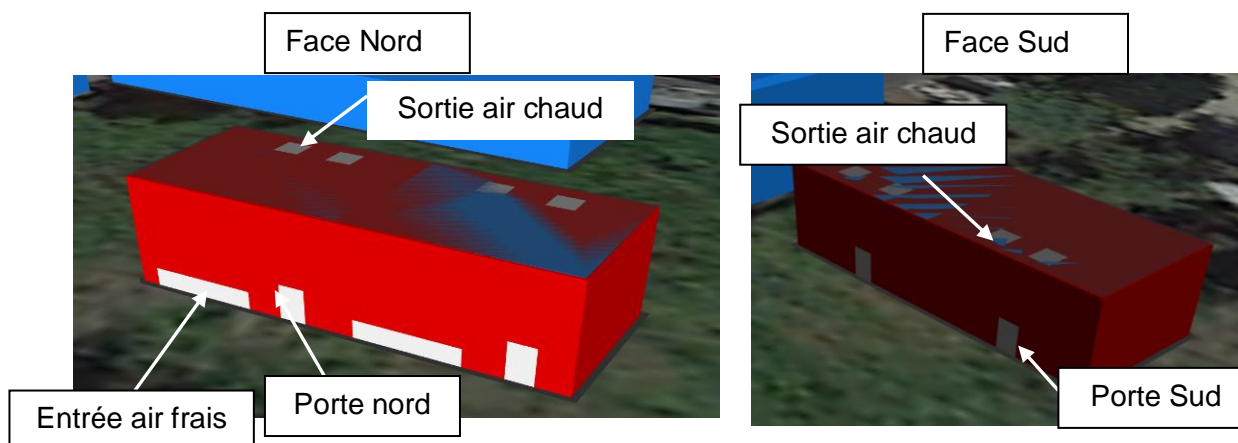


Figure 11 : Détails des loges des transformateurs

6.2.4. Hypothèses pour le nouveau transformateur

Seul le **niveau de puissance acoustique global maximal** des nouveaux transformateurs nous a été transmis.

Le niveau de puissance acoustique global du transformateur seul est de **86.0 dB(A)**.

Le niveau de puissance acoustique global de la réfrigération faible bruit est de **75.0 dB(A)**.

Afin d'associer une répartition spectrale à ces niveaux globaux, le PV d'essais d'un transformateur 36 MVA (fournisseur JST) a été utilisé pour créer le spectre acoustique des nouveaux transformateurs (Annexe 5-6).

Les tableaux ci-dessous présentent les niveaux de puissance acoustique, en bande de tiers d'octave, pour la réfrigération seule et le transformateur seul.

Ces caractéristiques acoustiques seront appliquées aux nouveaux TR311, TR312 et TR313.

Transformateur seul :

Niveaux de puissance :

Fréquence (Hz)	50	63	80	100	125	160	200	250
Lw (dB)	86,1	83,6	82,4	89,5	79,2	74,5	84,7	73,8
Fréquence (Hz)	315	400	500	630	800	1000	1250	1600
Lw (dB)	85,3	79,7	75,9	85,6	75,2	67,9	61,8	60,6
Fréquence (Hz)	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
Lw (dB)	60,3	58,8	55,1	51,3	50,1	50,5	51,7	53,0

Puissance acoustique globale $L_{WA} = 86.0$ dB(A)

Réfrigération seule :

Niveaux de puissance :

Fréquence (Hz)	50	63	80	100	125	160	200	250
Lw (dB)	80,3	76,5	75,3	74,0	72,9	74,0	69,9	70,8
Fréquence (Hz)	315	400	500	630	800	1000	1250	1600
Lw (dB)	71,7	65,4	65,8	65,2	63,6	63,9	66,4	64,3
Fréquence (Hz)	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
Lw (dB)	64,3	61,7	58,5	54,4	48,8	47,1	45,1	41,1

Puissance acoustique globale $L_{WA} = 75.0$ dB(A)

6.2.4.1. Loges fermées

Les transformateurs sont placés dans des loges fermées avec murs en béton de 6.0 m de hauteur et de 0.2 m d'épaisseur.

Dans notre simulation, les seules ouvertures se trouvent en toiture et sur le mur nord pour le circuit aéraulique.

Les indices d'affaiblissement suivant ont été utilisés pour le matériau béton 20 cm de la loge :

1/1 Octave (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Indice d'affaiblissement R (dB)	38.0	41.0	50.0	58.0	65.0	73.0	80.0	80.0

Tableau 2 : Indices d'affaiblissement des murs béton

Nous avons associé un niveau de pression acoustique dans les loges des transformateurs, estimé depuis la puissance acoustique des transformateurs.

Le spectre de puissance acoustique du transformateur avec sa réfrigération faible bruit :

1/1 Octave (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Global dB (A)
Lw TR (dB)	90,0	90,3	88,4	87,0	77,0	69,9	62,1	57,4	86.5

Tableau 3 : Lw des TR avec réfrigération

Ainsi, le spectre de pression acoustique suivant a été appliqué dans les différentes loges :

1/1 Octave (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Global dB (A)
Lp loge (dB)	91,8	92,1	90,2	88,8	78,8	71,7	63,9	59,3	88.0

Tableau 4 : Lp dans les loges des TR

Des portes d'accès sont prévues au nord et au sud de la loge.

Afin de garantir l'efficacité de l'isolement acoustique de la loge, des portes acoustiques type « PIL40 » (cf annexe) avec un indice d'affaiblissement $R_w = 42$ (-2 ; -3) dB sont ici considérées.

Les indices d'affaiblissement suivant ont été utilisés pour les portes acoustiques des loges:

1/1 Octave (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Indice d'affaiblissement R (dB)	16	30	37	40	43	43	45	44

Tableau 5 : Indices d'affaiblissement des portes PIL40

6.2.4.2. Ouvertures aérauliques

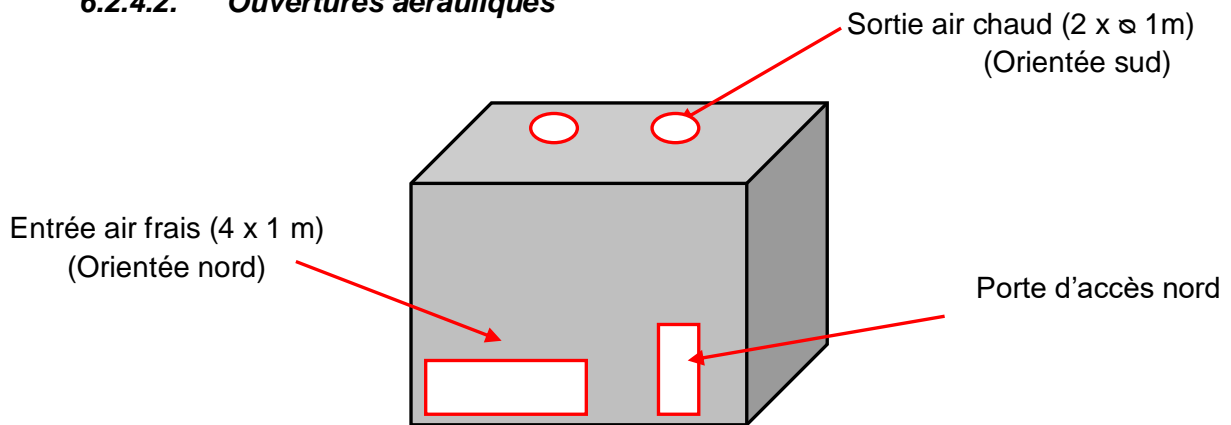


Schéma 1 : Localisation des ouvertures aérauliques des aéroréfrigérants sur les loges

Les seules ouvertures considérées sur la loge sont :

- 1 Entrée d'air sur mur latéral, orienté Nord vers le riverain ZER 2 (section de 4x1 m) ;
- 2 Sorties air chaud en toiture, orienté Sud vers le riverain ZER 1 (section de 2 x 1 m).

Aucun dispositif de réduction du bruit (silencieux) n'est mis en place dans ce modèle.

Nous avons associé à la sortie d'air chaud le spectre de puissance acoustique des aéroréfrigérants à bruit réduit des transformateurs.

Sur l'entrée d'air, nous avons considéré le bruit dans la loge et une ouverture sans isolement acoustique.

1/1 Octave (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Global
Lw Aéros (2 vent.), (dB)	82,7	78,4	75,6	70,2	69,6	68,3	60,2	49,8	75.0

Tableau 6 : Lw des sorties d'air des loges des TR

Note : Les nouveaux **TR 311** et **TR 312** sont équipés d'un système aéroréfrigérant à **bruit réduit**.

6.2.5. Etat Prévisionnel 1 : Remplacement et déplacement des TR 311 et TR 312

Cette configuration de calcul correspond aux 2 nouveaux transformateurs déplacés (TR 311 et TR 312).

6.2.5.1. Cartographie acoustique

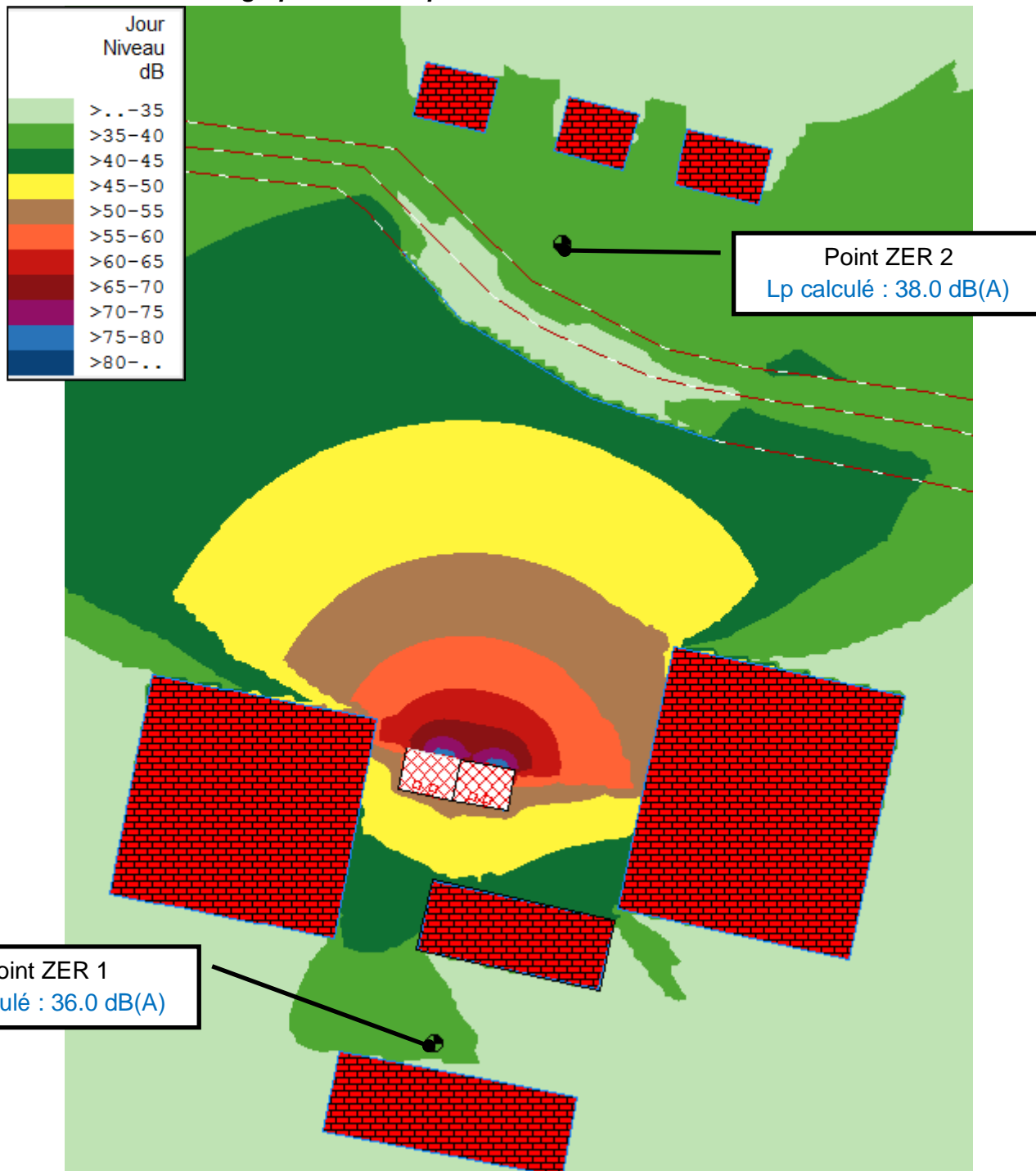


Figure 12 : Cartographie de bruit autour du site à 1.5 m de hauteur (SI05)

Nous observons sur cette cartographie acoustique l'influence du système aéraulique des loges des transformateurs

6.2.5.2. Niveaux de bruit aux points de référence

Le tableau suivant présente les contributions des transformateurs TR311 et TR312 aux points ZER de référence de l'étude (ZER 1 et ZER 2) :

Source de bruit	Contribution des sources aux points récepteurs dB(A)	
	ZER 1	ZER 2
Transformateur 311	33.0	35.0
Transformateur 312	33.0	35.0
Total	36.0	38.0
Objectif	38.5	36.0

Tableau 3 : Contribution des transformateurs

La contribution acoustique des transformateurs (TR 311 et TR312) ne respecte pas le niveau de bruit limite de 36.0 dB(A), défini en 6.2.2 pour la période nocturne sur le point en Zone à Emergence Réglementée (ZER 2).

Nous observons dans cette simulation que l'essentiel du bruit en ZER provient :

- Des sorties d'air chaud pour le point ZER 1 ;
- Des entrées d'air frais pour le point ZER 2.

A titre indicatif, le tableau ci-dessous permet d'estimer l'émergence acoustique aux points ZER de référence de l'étude (ZER 1 et ZER 2) en **période diurne** :

Point de mesure	Contribution des TR <u>calculée</u> dB(A)	Niveau de bruit résiduel diurne <u>mesuré</u> dB(A)	Niveau de bruit ambiant diurne <u>estimé</u> dB(A)	Emergence dB(A)	Emergence maximale réglementée dB(A)	Conformité
ZER 1	36.0	58.0	58.0	0.0	5.0	Oui
ZER 2	38.0	44.5	45.5	1.0	5.0	Oui

L'activité du poste source dans son état prévisionnel avec remplacement des transformateurs (TR 311 et TR312) respectera le critère d'émergence réglementaire de 5.0 dB(A) aux points ZER 1 et ZER 2 en période diurne.

Le tableau ci-dessous permet d'estimer l'émergence acoustique aux points ZER de référence de l'étude (ZER 1 et ZER 2) en **période nocturne** :

Point de mesure	Contribution des TR calculée dB(A)	Niveau de bruit résiduel nocturne mesuré dB(A)	Niveau de bruit ambiant nocturne estimé dB(A)	Emergence dB(A)	Emergence maximale réglementée dB(A)	Conformité
ZER 1	36.0	38.5	40.5	2.0	3.0	Oui
ZER 2	38.0	36.0	40.0	4.0	3.0	Non

*Risque de dépassement du fait des incertitudes de calcul

L'activité du poste source dans son état prévisionnel avec remplacement des transformateurs (TR311 et TR312) ne respectera pas le critère d'émergence réglementaire de 3.0 dB(A) au point calculé ZER 2, en période nocturne.

Remarque : Les ouvertures aérauliques des TR311 et TR312 sont à l'origine du dépassement de l'émergence réglementaire nocturne.

Des solutions vont être recherchées avec la mise en place de silencieux à baffles sur l'entrée d'air frais et des silencieux cylindriques sur les sorties d'air chaud, en toiture des loges.

6.3. EVALUATION DE L'ÉTAT PROJETÉ DU PS – 3 TR

Cette section présente l'état projeté du PS avec 3 nouveaux transformateurs (échéance à long terme).

6.3.1. Présentation du modèle

Un état prévisionnel du poste source a été simulé afin de calculer son influence :

- Déplacement et remplacement des transformateurs actuels (TR311 et TR312) avec ajout d'un nouveau transformateur (TR313).
- Construction d'un bâtiment commande (hauteur = 4m).

Pour la configuration testée, il est prévu de mettre en place une **loge fermée** de 4 murs + 1 toit de **6 m de hauteur** autour de chaque TR. Les ouvertures se trouvent en toiture de la loge et sur le mur Nord de la loge, pour assurer le passage d'air de la ventilation.

Le poste source est modélisé avec les éléments suivants :

- Les transformateurs électriques **TR311, TR312 et TR313** (nouveaux TR faible bruit) ;
- **Les transformateurs sont les uniques sources de bruit du projet** ;
- Mis à part les ouvertures aérauliques, les loges sont totalement fermées ;
- 2 zones à émergence réglementée (**ZER 1 et ZER 2**) regroupant les riverains les plus proches du poste source ;

Nous effectuerons la simulation pour le cas où les 3 transformateurs sont en service simultanément avec leur groupe réfrigération au maximum.

Remarque : Les nouveaux transformateurs sont équipés :

- D'un dispositif de réfrigération à **bruit réduit (critère fournisseur $L_w < 75 \text{ dB(A)}$)** ;
- La partie active de la cuve (TR seul) associée à une puissance acoustique de 86 dB(A) (**critère fournisseur $L_w < 86 \text{ dB(A)}$**).

Les puissances acoustiques prises en compte sont celles données par ENEDIS (mail de Mr Gérard PASTEUR sur les références acoustiques d'étude des transformateurs, annexe 4).

La puissance acoustique prise en référence sur la réfrigération est donnée en annexe 5.

La puissance acoustique du TR seul est donnée en annexe 6.

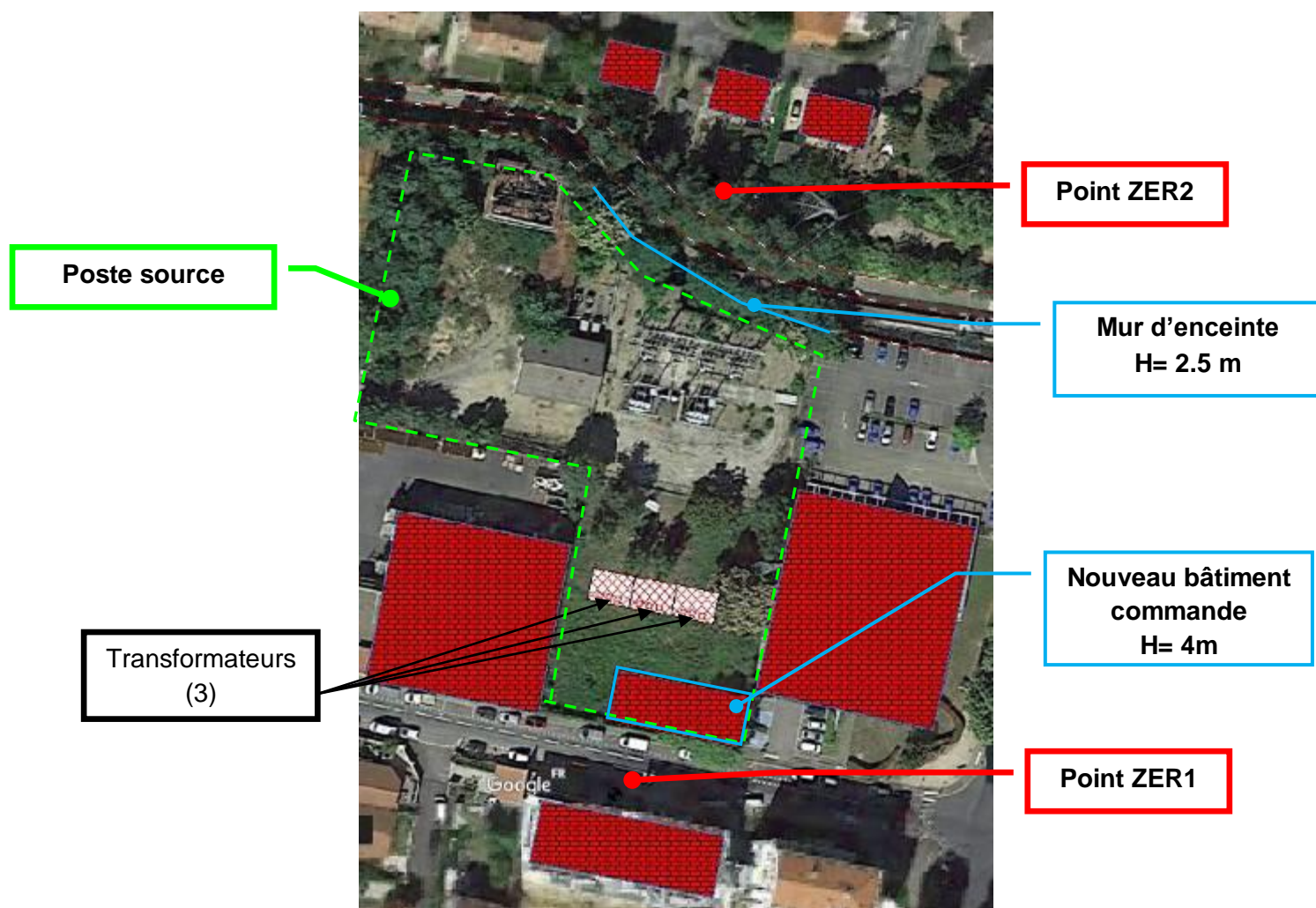


Figure 13 : Vue d'ensemble en 2D du projet à l'état prévisionnel



Figure 14 : Vue d'ensemble en 3D des loges des transformateurs

6.3.2. Objectifs

Les mesures du bruit résiduel actuel nous ont permis de définir la contribution acoustique maximale pour les transformateurs TR311, TR312 et TR313, afin de respecter le critère d'émergence.

La période nocturne étant la plus contraignante en termes d'objectif de bruit, nous avons retenu comme référence son niveau de bruit résiduel, estimé sur le point masqué du PS.

La contribution acoustique maximale du poste source dans sa configuration finale est donnée dans le tableau suivant :

Point de mesure	Niveau bruit résiduel estimé	Emergence limite réglementaire	Contribution maximale autorisée pour le PS (3 transformateurs)
ZER 1	38.5 dB(A)	3.0 dB(A)	38.5 dB(A)
ZER 2	36.0 dB(A)	3.0 dB(A)	36.0 dB(A)

Tableau 7 : Contribution maximale autorisée pour le PS final

6.3.3. Propriétés acoustiques des loges des transformateurs

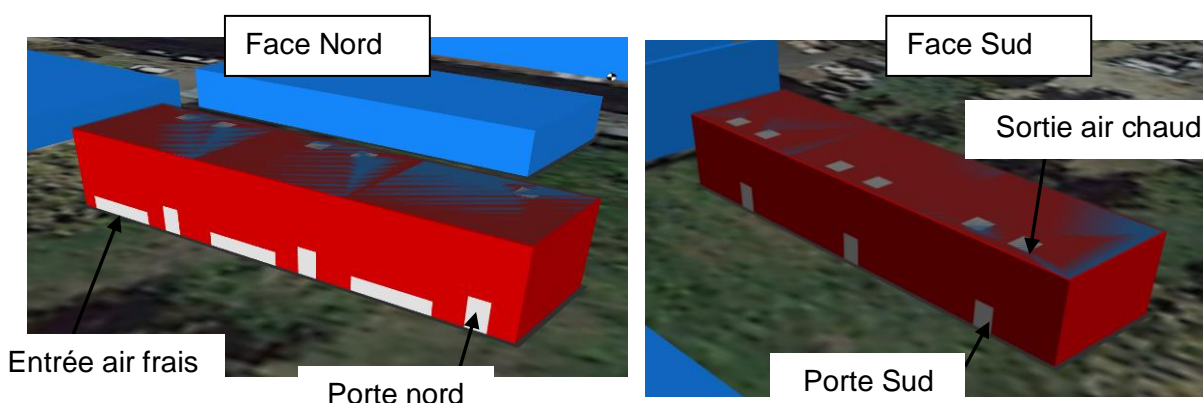


Figure 15 : Détails des loges des transformateurs

Les propriétés acoustiques des loges et des transformateurs sont identiques au §6.2.3.1.

Note : Les nouveaux **TR 311, 312 et 313** sont équipés d'un système aéroréfrigérant à **bruit réduit**.

6.3.4. Etat Projeté : Remplacement des TR 311, TR 312 et TR 313

Cette configuration de calcul correspond aux 3 nouveaux transformateurs déplacés (TR 311, TR312 et TR313).

6.3.4.1. *Cartographie acoustique*

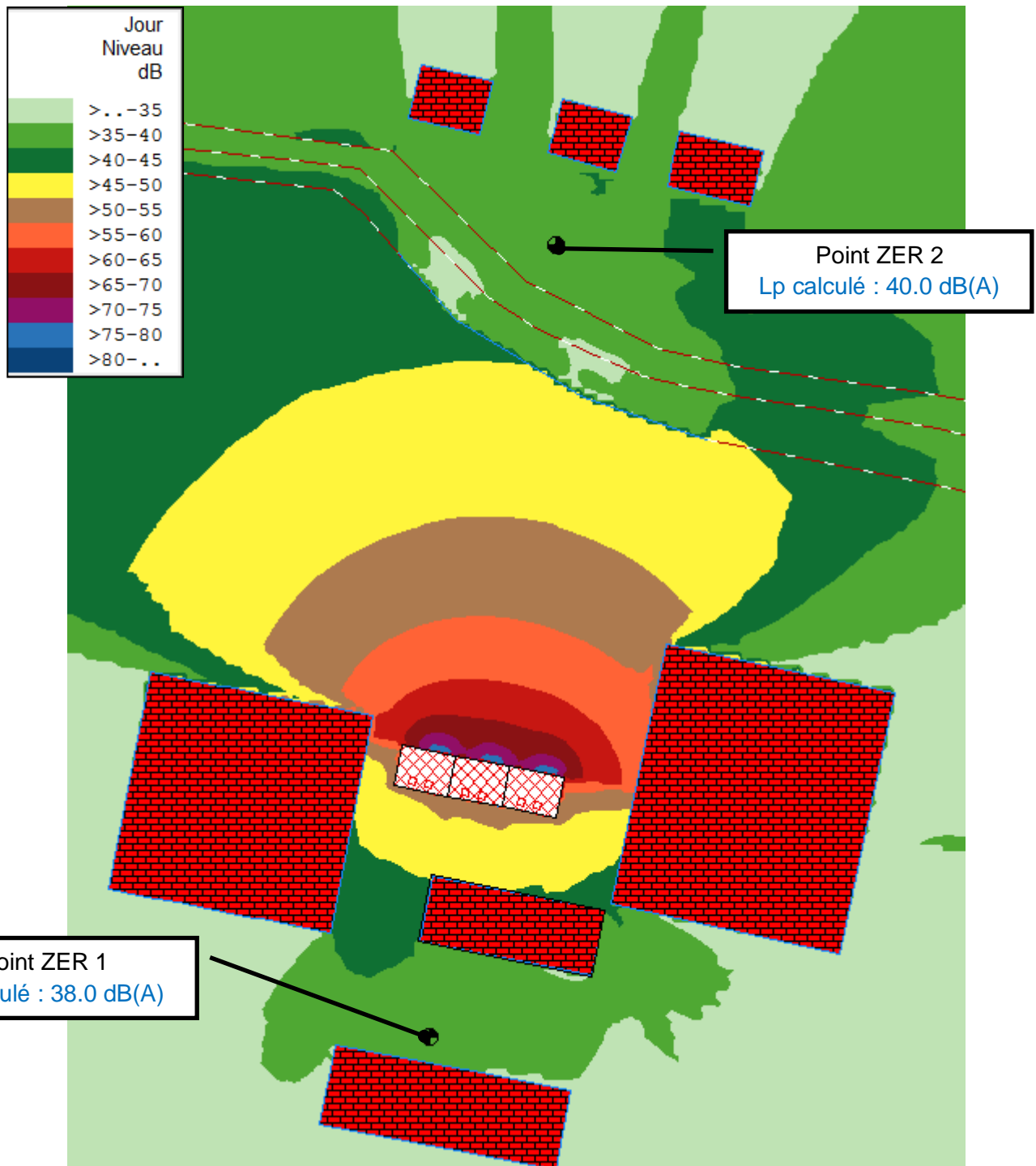


Figure 16 : Cartographie de bruit autour du site à 1.5 m de hauteur (SI04)

Nous observons sur cette cartographie acoustique l'influence du système aéraulique des loges des transformateurs.

6.3.4.2. Niveaux de bruit aux points de référence

Le tableau suivant présente les contributions des transformateurs TR311, TR312 et TR313 aux points ZER de référence de l'étude (ZER 1 et ZER 2) :

Source de bruit	Contribution des sources aux points récepteurs dB(A)	
	ZER 1	ZER 2
Transformateur 311	33.5	35.0
Transformateur 312	33.0	35.0
Transformateur 313	32.5	35.0
Total	38.0	40.0
Objectif	38.5	36.0

Tableau 3 : Contribution des transformateurs

La contribution acoustique des transformateurs (TR 311, TR312 et TR313) ne respecte pas les niveaux de bruit limites, définis en §6.3.2 pour la période nocturne sur les points en Zone à Emergence Réglementée (ZER 1 et 2).

Nous observons dans cette simulation que l'essentiel du bruit en ZER provient :

- Des sorties d'air chaud pour le point ZER 1 ;
- Des entrées d'air frais pour le point ZER 2.

A titre indicatif, le tableau ci-dessous permet d'estimer l'émergence acoustique aux points ZER de référence de l'étude (ZER 1 et ZER 2) en **période diurne** :

Point de mesure	Contribution des TR <u>calculée</u> dB(A)	Niveau de bruit résiduel diurne <u>mesuré</u> dB(A)	Niveau de bruit ambiant diurne <u>estimé</u> dB(A)	Emergence dB(A)	Emergence maximale réglementée dB(A)	Conformité
ZER 1	38.0	58.0	58.0	0.0	5.0	Oui
ZER 2	40.0	44.5	46.0	1.5	5.0	Oui

L'activité du poste source dans son état prévisionnel avec remplacement des transformateurs (TR 311 et TR312) ainsi que l'ajout d'un nouveau transformateur (TR 313) respectera le critère d'émergence réglementaire de 5.0 dB(A) aux points ZER 1 et ZER 2 en période diurne.

Le tableau ci-dessous permet d'estimer l'émergence acoustique aux points ZER de référence de l'étude (ZER 1 et ZER 2) en **période nocturne** :

Point de mesure	Contribution des TR <u>calculée</u> dB(A)	Niveau de bruit résiduel nocturne <u>mesuré</u> dB(A)	Niveau de bruit ambiant nocturne <u>estimé</u> dB(A)	Emergence dB(A)	Emergence maximale réglementée dB(A)	Conformité
ZER 1	38.0	38.5	41.5	3.0	3.0	Non
ZER 2	40.0	36.0	41.5	5.5	3.0	Non

L'activité du poste source dans son état prévisionnel avec remplacement des transformateurs (TR 311 et TR312) ainsi que l'ajout d'un nouveau transformateur (TR 313) ne respectera pas le critère d'émergence réglementaire de 3.0 dB(A) aux points calculés, en période nocturne.

Remarque : Les ouvertures aérauliques des TR311, TR312 et TR313 sont à l'origine du dépassement de l'émergence réglementaire nocturne.

⇒ Une réduction doit être obtenue sur le bruit provenant des loges des transformateurs.
Des solutions vont être recherchées avec la mise en place de silencieux à baffles sur l'entrée d'air frais et des silencieux cylindriques sur les sorties d'air chaud, en toiture des loges.

7. SIMULATION ACOUSTIQUE – AVEC TRAITEMENT ACOUSTIQUE

Dans ce chapitre, une solution technique de réduction du bruit sur les entrées et sorties d'air des loges est évaluée.

7.1. DEFINITION DES TRAITEMENTS ACOUSTIQUES

Afin de respecter le critère réglementaire d'émergence acoustique chez les riverains du poste source, des silencieux doivent être mis en place sur les entrées/sorties d'air du circuit aéraulique de refroidissement des transformateurs.

Une étude aéraulique est conduite conjointement à la définition de ces solutions techniques.

7.1.1. Traitement acoustique – Conduite aspiration (air frais)

Mise en place de 10 baffles acoustiques de longueur 0.6 m sur l'ouverture :

	Epaisseur (mm)	Voie d'air (mm)	Longueur (mm)
Type de baffle:	100	100	600

Le tableau suivant présente les performances acoustiques (atténuations) obtenues avec ce silencieux.

	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Global dB(A)
Pertes d'insertion Silencieux (dB)	1	3	7	12	27	29	18	10	
Lw Bruit régénéré ¹ (dB)	40,5	36,0	31,7	27,7	24,0	20,8	17,7	14,6	30.5

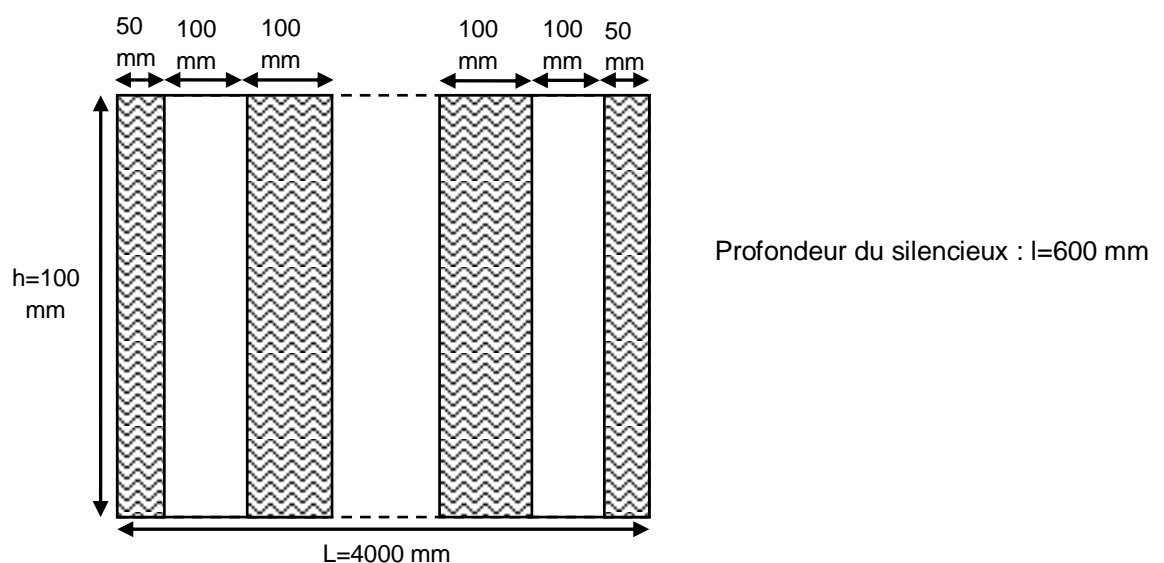


Figure 17 : Schéma de principe du silencieux à baffle – Conduite aspiration

¹ Pour une vitesse de passage d'air entre les baffles de 4 m/s

7.1.2. Traitement acoustique – Conduite de refoulement (air chaud)

Mise en place d'un silencieux cylindrique sur les gaines de refoulement du ventilateur :

	Epaisseur laine (mm)	Diamètre (mm)	Longueur (mm)
Type de silencieux	100	1000	2000

Le tableau suivant présente les performances acoustiques (atténuations) obtenues avec ce silencieux.

	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Pertes d'insertion Silencieux (dB)	3	9	15	18	12	11	10	10

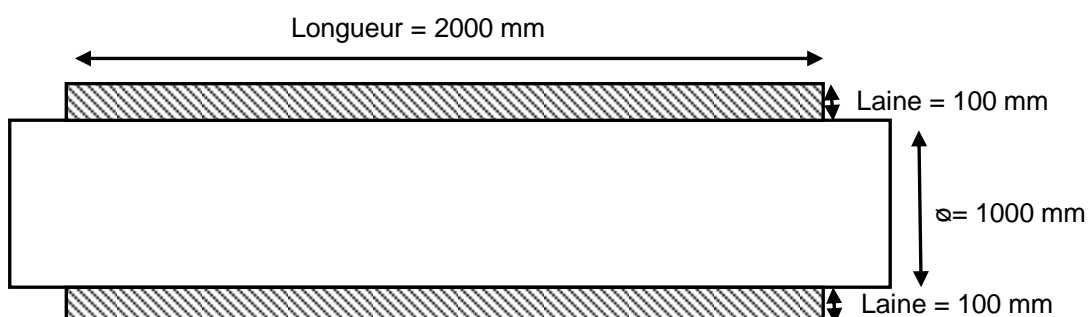


Figure 18 : Schéma de principe du silencieux cylindrique – Conduite refoulement

7.2. EVALUATION DE L'ÉTAT PRÉVISIONNEL DU PS AVEC TRAITEMENT ACOUSTIQUE – 2 TR

7.2.1. Propriétés acoustiques des loges des transformateurs

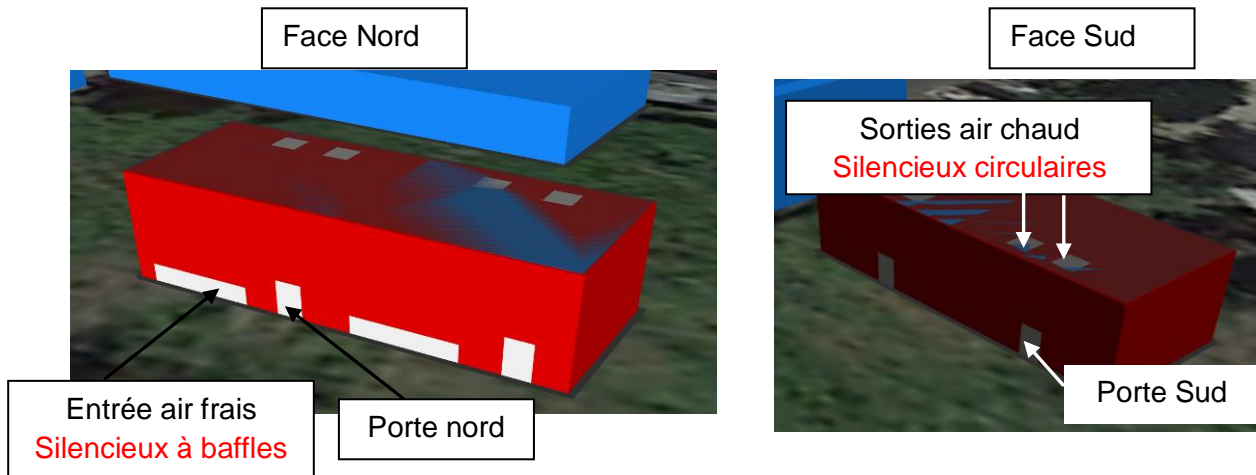


Figure 19 : Détails des loges des transformateurs

Les propriétés acoustiques des silencieux définis au §7.1 ont été appliquées sur les entrées et sorties d'air des loges :

- **Entrées air frais : Silencieux à baffles** (épaisseur 100mm, voie d'air 100 mm, longueur 600 mm) ;
- **Sorties air chaud : Silencieux circulaire** (diamètre 1000 mm, laine 100 mm, longueur 2000 mm).

Pour le reste, les propriétés acoustiques des loges et des transformateurs sont identiques au §6.2.3.1.

Note : Les nouveaux **TR 311, TR312** sont équipés d'un système aéroréfrigérant à **bruit réduit**.

7.2.2. Etat Projeté avec traitement acoustique : Remplacement des TR 311, TR 312

Cette configuration de calcul correspond aux 2 nouveaux transformateurs déplacés (TR 311, TR 312) avec traitement acoustique des loges (silencieux).

7.2.2.1. Cartographie acoustique

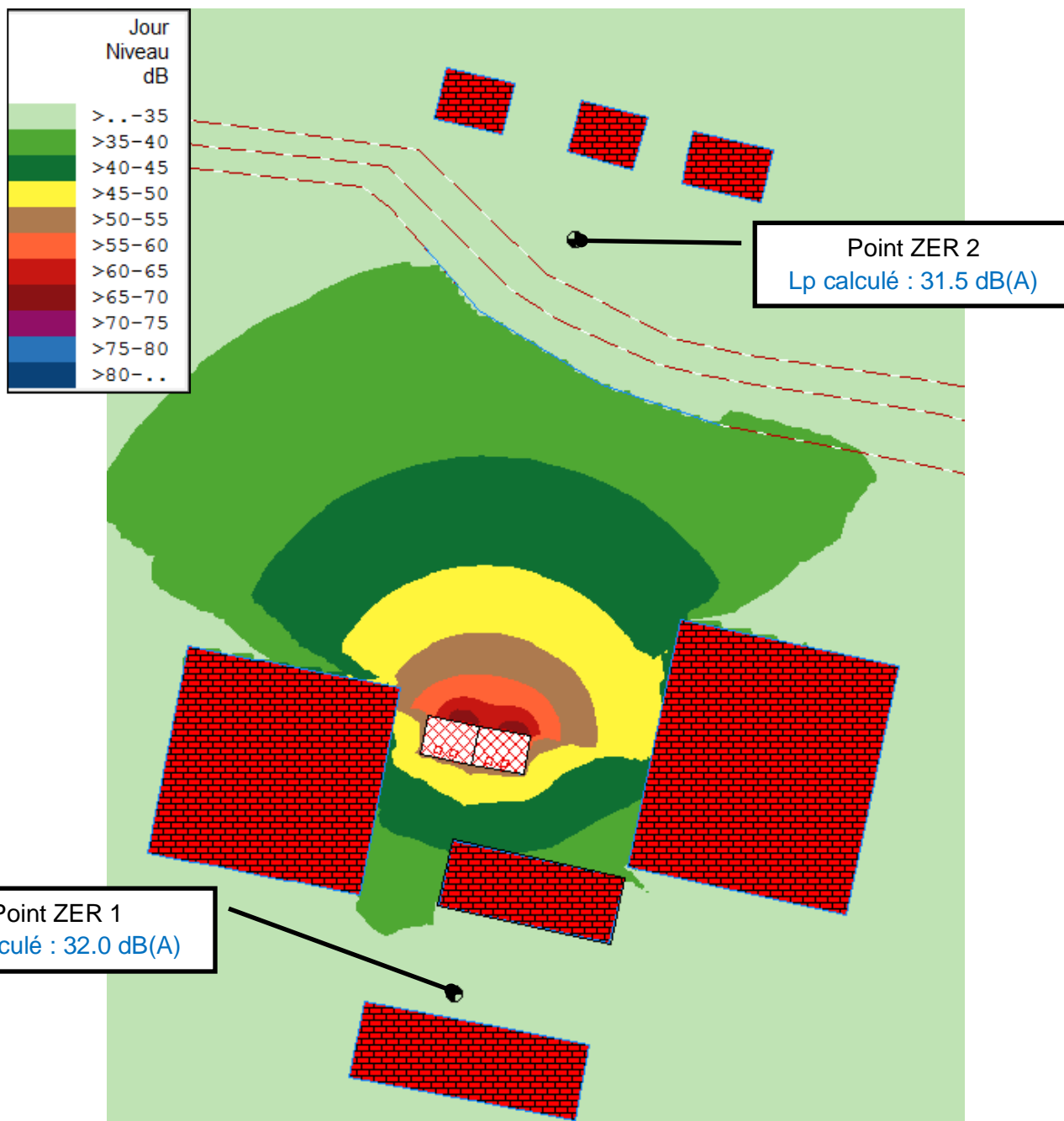


Figure 20 : Cartographie de bruit autour du site à 1.5 m de hauteur (SI07)

Nous observons sur cette cartographie acoustique l'influence du système aéraulique des loges des transformateurs.

7.2.2.2. Niveaux de bruit aux points de référence

Le tableau suivant présente les contributions des transformateurs TR311, TR312 aux points ZER de référence de l'étude (ZER 1 et ZER 2) :

Source de bruit	Contribution des sources aux points récepteurs dB(A)	
	ZER 1	ZER 2
Transformateur 311	29.0	28.5
Transformateur 312	28.5	28.5
Total	32.0	31.5
Objectif	38.5	36.0

Tableau 3 : Contribution des transformateurs

La contribution acoustique des transformateurs (TR 311, TR312) respecte les niveaux de bruit limites, définis en §6.3.2 pour la période nocturne sur les points en Zone à Emergence Réglementée (ZER 1 et 2).

A titre indicatif, le tableau ci-dessous permet d'estimer l'émergence acoustique aux points ZER de référence de l'étude (ZER 1 et ZER 2) en **période diurne** :

Point de mesure	Contribution des TR calculée dB(A)	Niveau de bruit résiduel diurne mesuré dB(A)	Niveau de bruit ambiant diurne estimé dB(A)	Emergence dB(A)	Emergence maximale réglementée dB(A)	Conformité
ZER 1	32.0	58.0	58.0	0.0	5.0	Oui
ZER 2	31.5	44.5	45.0	0.5	5.0	Oui

L'activité du poste source dans son état prévisionnel avec remplacement des transformateurs (TR 311 et TR312) ainsi que la mise en place de silencieux sur les entrées et sorties d'air (tels que définis en §7.1) respectera le critère d'émergence réglementaire de 5.0 dB(A) aux points calculés, en période diurne.

Le tableau ci-dessous permet d'estimer l'émergence acoustique aux points ZER de référence de l'étude (ZER 1 et ZER 2) en **période nocturne** :

Point de mesure	Contribution des TR <u>calculée</u> dB(A)	Niveau de bruit résiduel nocturne <u>mesuré</u> dB(A)	Niveau de bruit ambiant nocturne <u>estimé</u> dB(A)	Emergence dB(A)	Emergence maximale réglementée dB(A)	Conformité
ZER 1	32.0	38.5	39.5	1.0	3.0	Oui
ZER 2	31.5	36.0	37.5	1.5	3.0	Oui

L'activité du poste source dans son état prévisionnel avec remplacement des transformateurs (TR 311 et TR312) ainsi que la mise en place de silencieux sur les entrées et sorties d'air (tels que définis en §7.1) respectera le critère d'émergence réglementaire de 3.0 dB(A) aux points calculés, en période nocturne.

7.3. EVALUATION DE L'ÉTAT PRÉVISIONNEL DU PS AVEC TRAITEMENT ACOUSTIQUE – 3 TR

7.3.1. Propriétés acoustiques des loges des transformateurs

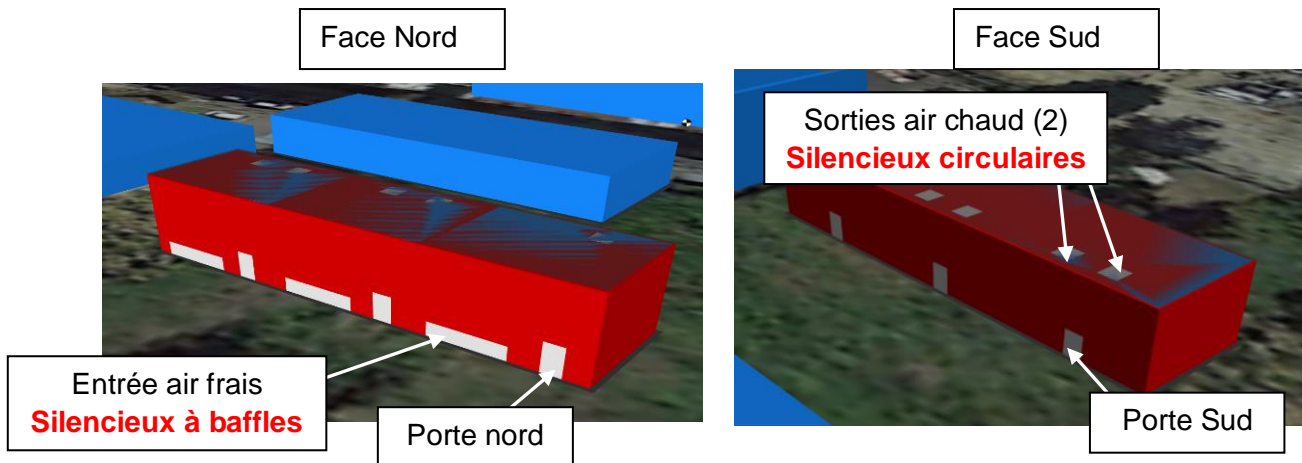


Figure 21 : Détails des loges des transformateurs

Les propriétés acoustiques des silencieux définis au §7.1 ont été appliquées sur les entrées et sorties d'air des loges :

- **Entrées air frais : Silencieux à baffles** (épaisseur 100mm, voie d'air 100 mm, longueur 600 mm) ;
- **Sorties air chaud : Silencieux circulaire** (diamètre 1000 mm, laine 100 mm, longueur 2000 mm).

Pour le reste, les propriétés acoustiques des loges et des transformateurs sont identiques au §6.2.3.1.

Note : Les nouveaux **TR 311, 312 et 313** sont équipés d'un système aéroréfrigérant à **bruit réduit**.

7.3.2. Etat Projeté avec traitement acoustique : Remplacement des TR 311, TR 312 et TR 313

Cette configuration de calcul correspond aux 2 nouveaux transformateurs déplacés (TR 311, TR 312 et TR 313) avec traitement acoustique des loges (silencieux).

7.3.2.1. *Cartographie acoustique*

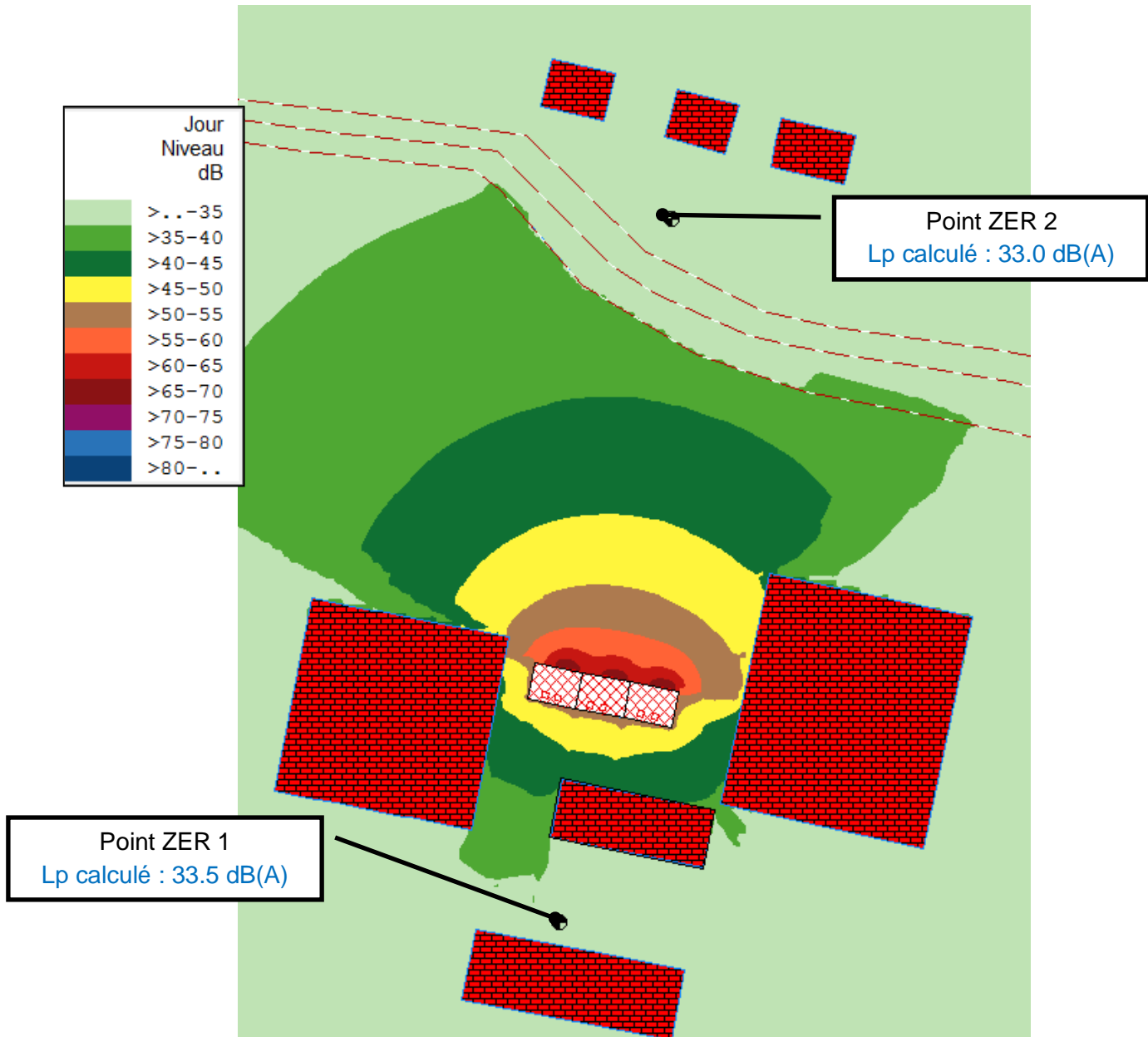


Figure 22 : Cartographie de bruit autour du site à 1.5 m de hauteur (SI06)

Nous observons sur cette cartographie acoustique l'influence du système aéraulique des loges des transformateurs.

7.3.2.2. Niveaux de bruit aux points de référence

Le tableau suivant présente les contributions des transformateurs TR311, TR312 et TR313 aux points ZER de référence de l'étude (ZER 1 et ZER 2) :

Source de bruit	Contribution des sources aux points récepteurs dB(A)	
	ZER 1	ZER 2
Transformateur 311	29.0	28.5
Transformateur 312	29.0	28.5
Transformateur 313	28.0	28.5
Total	33.5	33.0
Objectif	38.5	36.0

Tableau 3 : Contribution des transformateurs

La contribution acoustique des transformateurs (TR 311, TR312 et TR313) respecte les niveaux de bruit limites, définis en §6.3.2 pour la période nocturne sur les points en Zone à Emergence Réglementée (ZER 1 et 2).

A titre indicatif, le tableau ci-dessous permet d'estimer l'émergence acoustique aux points ZER de référence de l'étude (ZER 1 et ZER 2) en **période diurne** :

Point de mesure	Contribution des TR <u>calculée</u> dB(A)	Niveau de bruit résiduel diurne <u>mesuré</u> dB(A)	Niveau de bruit ambiant diurne <u>estimé</u> dB(A)	Emergence dB(A)	Emergence maximale réglementée dB(A)	Conformité
ZER 1	33.5	58.0	58.0	0.0	5.0	Oui
ZER 2	33.0	44.5	45.0	0.5	5.0	Oui

L'activité du poste source dans son état prévisionnel avec remplacement des transformateurs (TR 311, TR312 et TR313) ainsi que la mise en place de silencieux sur les entrées et sorties d'air (tels que définis en §7.1) respectera le critère d'émergence réglementaire de 5.0 dB(A) aux points calculés, en période diurne.

Le tableau ci-dessous permet d'estimer l'émergence acoustique aux points ZER de référence de l'étude (ZER 1 et ZER 2) en **période nocturne** :

Point de mesure	Contribution des TR <u>calculée</u> dB(A)	Niveau de bruit résiduel nocturne <u>mesuré</u> dB(A)	Niveau de bruit ambiant nocturne <u>estimé</u> dB(A)	Emergence dB(A)	Emergence maximale réglementée dB(A)	Conformité
ZER 1	33.5	38.5	40.0	1.5	3.0	Oui
ZER 2	33.0	36.0	38.0	2.0	3.0	Oui

L'activité du poste source dans son état prévisionnel avec remplacement des transformateurs (TR 311, TR312 et TR313) ainsi que la mise en place de silencieux sur les entrées et sorties d'air (tels que définis en §7.1) respectera le critère d'émergence réglementaire de 3.0 dB(A) aux points calculés, en période nocturne.

8. SIMULATION AERAULIQUE – AVEC TRAITEMENT ACOUSTIQUE

Dans ce chapitre, nous définissons l'impact des traitements acoustiques sur le refroidissement des transformateurs.

Les transformateurs sont principalement refroidis par des échangeurs huile/air qui évacuent les calories du circuit d'huile qui parcourt les transformateurs.

Les performances initiales garanties par le constructeur considèrent que les postes sont implantés à l'extérieur, ce qui ne sera plus le cas lorsque qu'ils seront en loges fermées. Il faut donc définir la réduction du débit induite par les pertes de charges créées par la nouvelle configuration pour faire valider le bon fonctionnement des transformateurs et la garantie par le constructeur dans sa nouvelle configuration.

Les pertes de charges sont calculées afin de déplacer le point de fonctionnement du ventilateur sur sa courbe débit pression et définir le nouveau débit d'air dans l'échangeur.

8.1. MAQUETTE D'UN POSTE EN LOGE FERMEE

La maquette a été réalisée à partir des plan dwg fournis par ENEDIS :

La loge a été simplifiée pour limiter les temps de calcul. L'impact des petits éléments sur la circulation d'air étant minime, ils n'ont pas été représentés. Les dimensions du volume de la loge sont définies par les plan ENEDIS.

Loge transformateur selon plan ENEDIS HT060-Ind B _ Installation Générale_Solution 1
Transformateur selon plan JST 1060608_F_A0 :

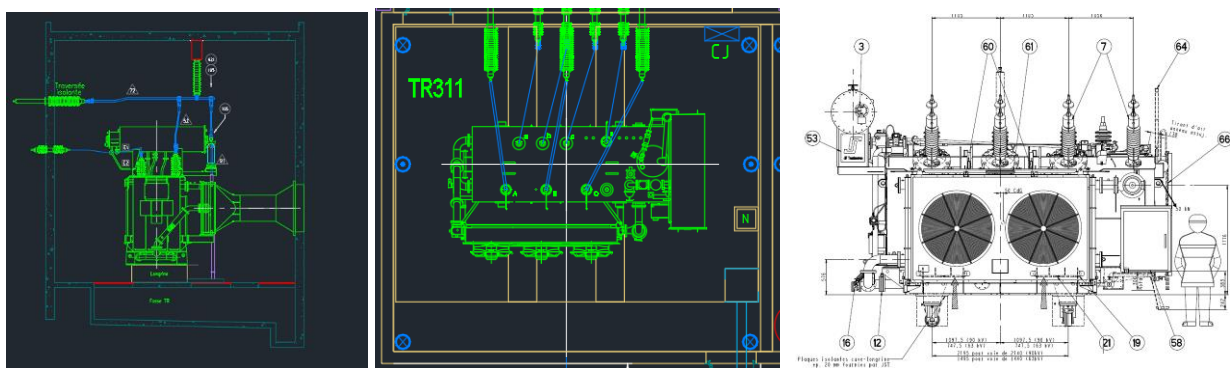


Figure 23 : Plan 2D – Loges des transformateurs

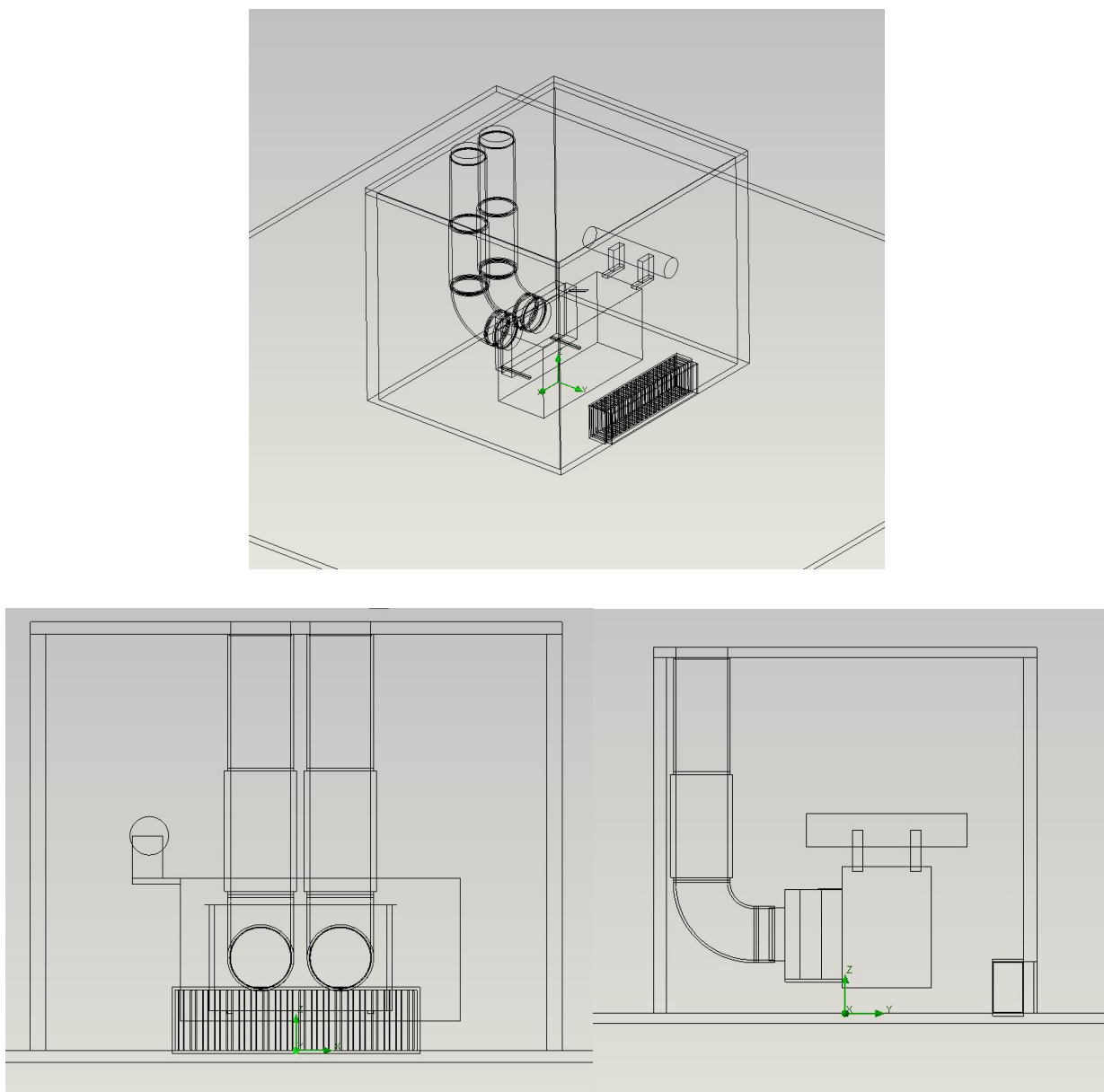


Figure 24 : Plans utilisés et création de la maquette 3D

8.2. CONDITIONS INITIALES

Le calcul est réalisé pour un débit de ventilation nominale de 14 292 m³/h par ventilateur, ce qui correspond à une pression statique de 34 Pa.

Le point de fonctionnement a été communiqué par JST et relayé par ENEDIS.

Fiches techniques en annexe 7.

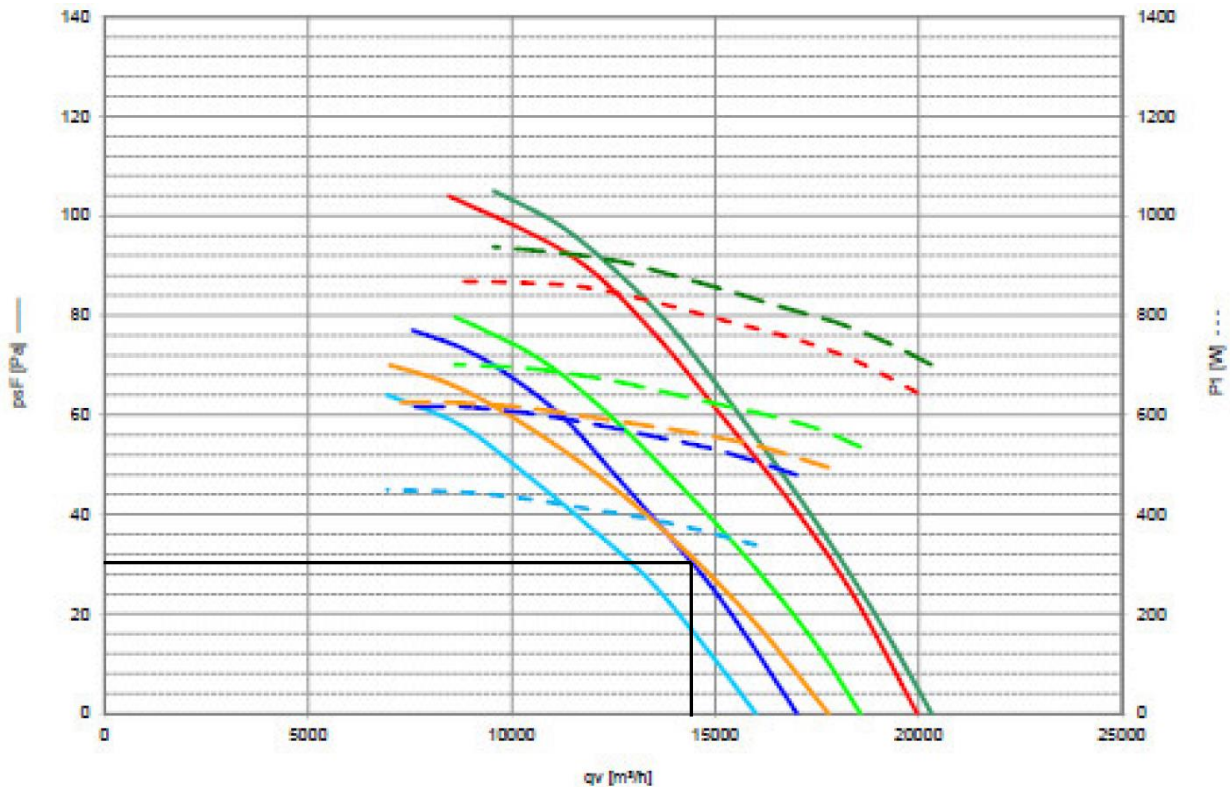


Figure 25 : Point de fonctionnement actuel

Chaleur dissipée par l'huile		
Débit d'huile	100	m³/h
Qv	0.0278	m³/s
Densité de l'huile	850	kg/m³
Qm	23.6	kg/s
Cp	2.1	kJ/kg.K
Température d'entrée	70.9	°C
Température de sortie	75.1	°C
Delta Température	4.2	K
Chaleur dissipée par l'huile	208	kW

Température de sortie d'air		
Chaleur dissipée par l'échangeur	208	kW
Chaleur dissipée par la carcasse	11	kW
Débit de ventilation	28584	m³/h
Température d'entrée d'air local	40	°C
Pression atmosphérique	101325	Pa
Température entrée d'air échangeur	41.5	°C
Température de sortie d'air échangeur	71	°C
Temps de renouvellement d'air dans la loge	47	sec
Débit sortie d'air par ventilateur	3.97	m³/s
Débit d'entrée radiateur	7.25	m³/s

8.3. CALCUL ET RESULTATS

Les calculs ont été réalisés sous SolidWorks FlowSimulation.

Un premier calcul a été réalisé sur la maquette complète, puis nous avons réalisé des calculs indépendants pour les deux éléments générateurs de pertes de charges :

- L'entrée d'air dans le silencieux ;
- Le refoulement des ventilateurs dans les silencieux.

Ces calculs de détail nous permettent d'affiner le maillage et d'avoir des résultats plus précis dans ces zones.

8.3.1. Résultat du calcul complet

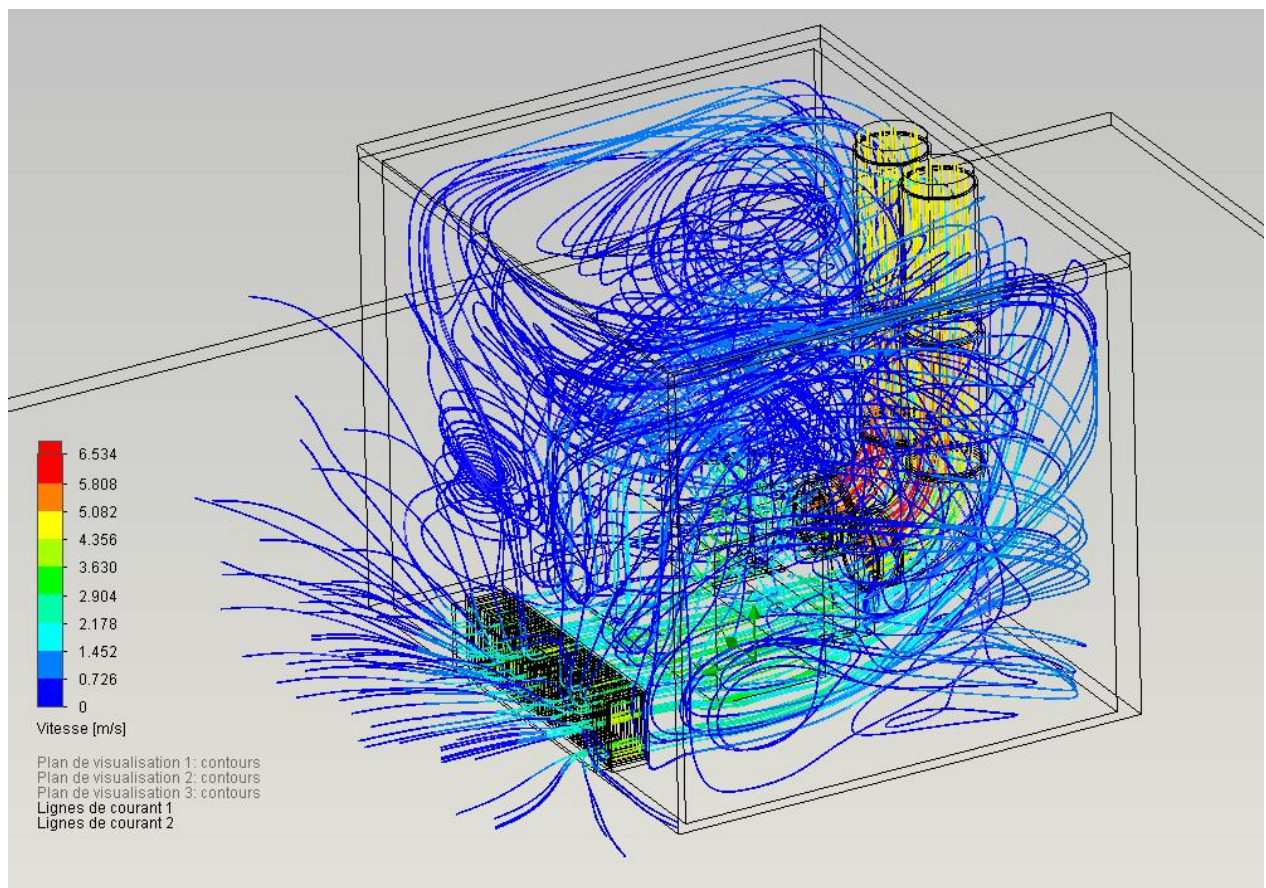


Figure 26 : Circulation de l'air dans la loge

Les calories évacuées par la carcasse du transformateur représentent 5% (10.5kW) de la chaleur totale dissipée. L'augmentation de la température dans le local due à cette dissipation est de 1.5°C. On vérifie par le calcul que l'ensemble de la loge est ventilée et que l'air circule bien sur toutes les zones sur la « peau » du transformateur. Comme c'est le cas, l'évacuation de ces calories ne pose pas de problème dans cette configuration.

La loge est mise en dépression par les ventilateur. Les cheminée sont en légère surpression.

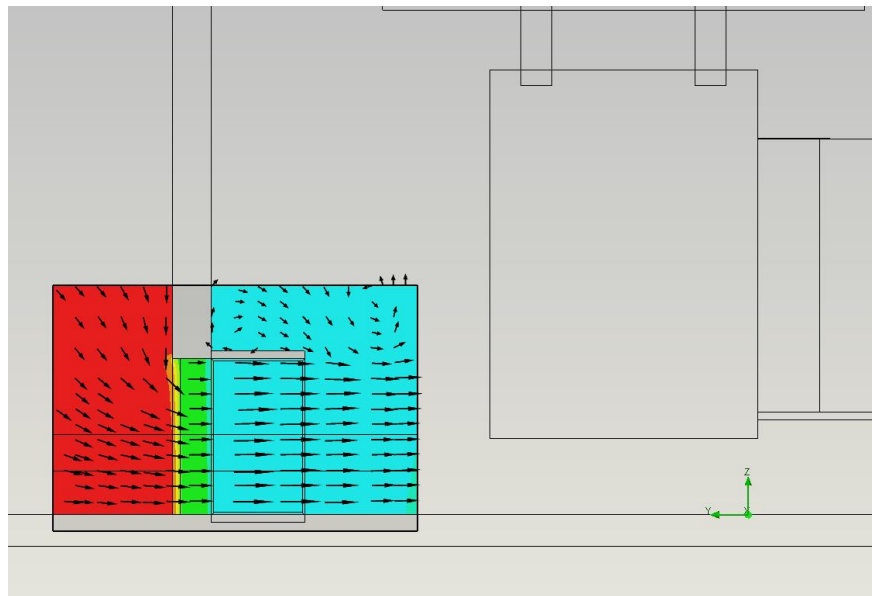


Figure 27 : Calcul en détail de l'entrée d'air (filtre et baffles absorbants)

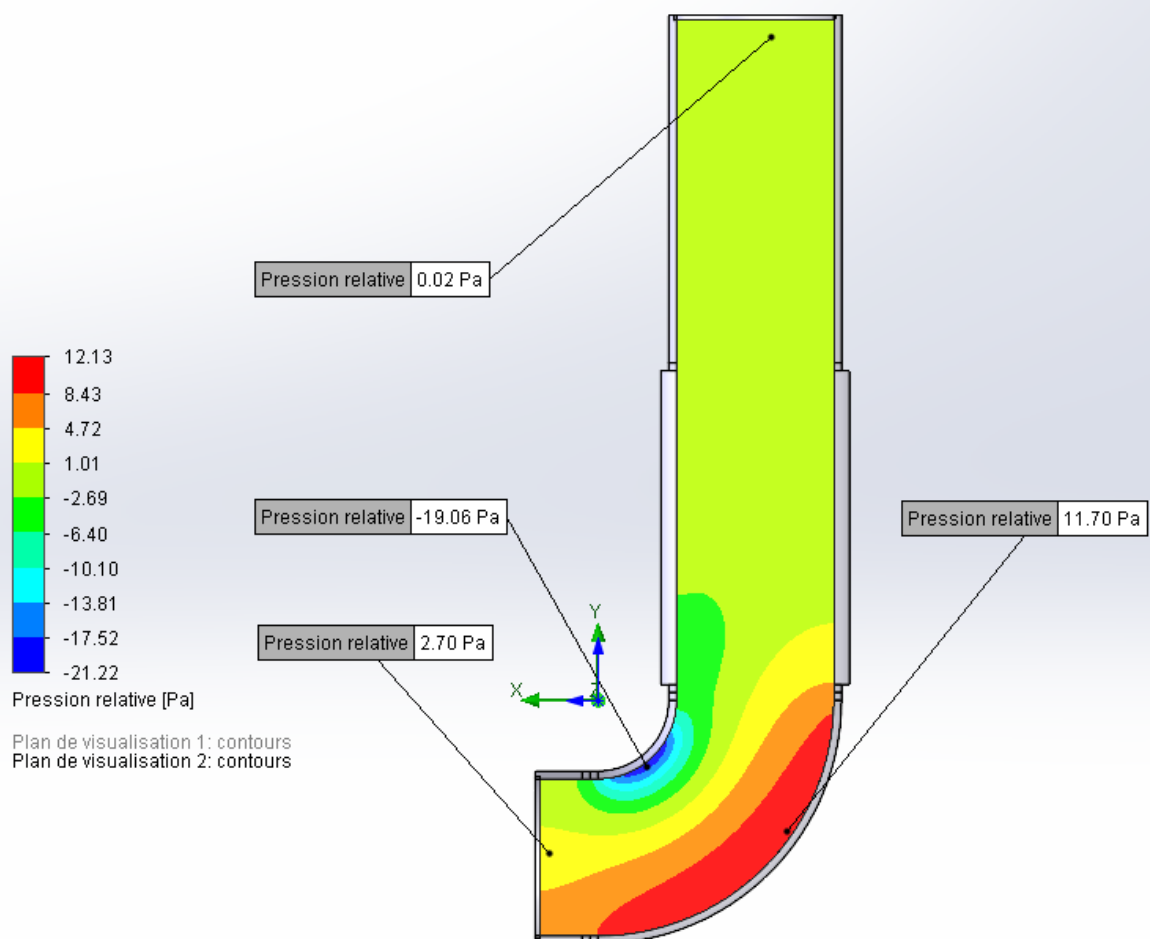


Figure 28 : Calcul des pertes de charge dans la cheminée

8.3.2. Pressions relatives et charges

Zone	Pression relative (Pa)	Perte de charge (Pa)	Elément responsable de la perte de charge
Extérieur	0		
Intérieur filtre	-5	5	Le filtre
Intérieur local	-10	5	Le piège à sons
Entrée échangeur	-17	7	La carcasse du transformateur
Sortie ventilateur	+3	3	Le conduit de cheminée
Sortie cheminée	+0		
Extérieur	+0		

8.3.3. Conclusion

Nous définissons 2 nouveaux points de fonctionnement possibles pour les ventilateurs :

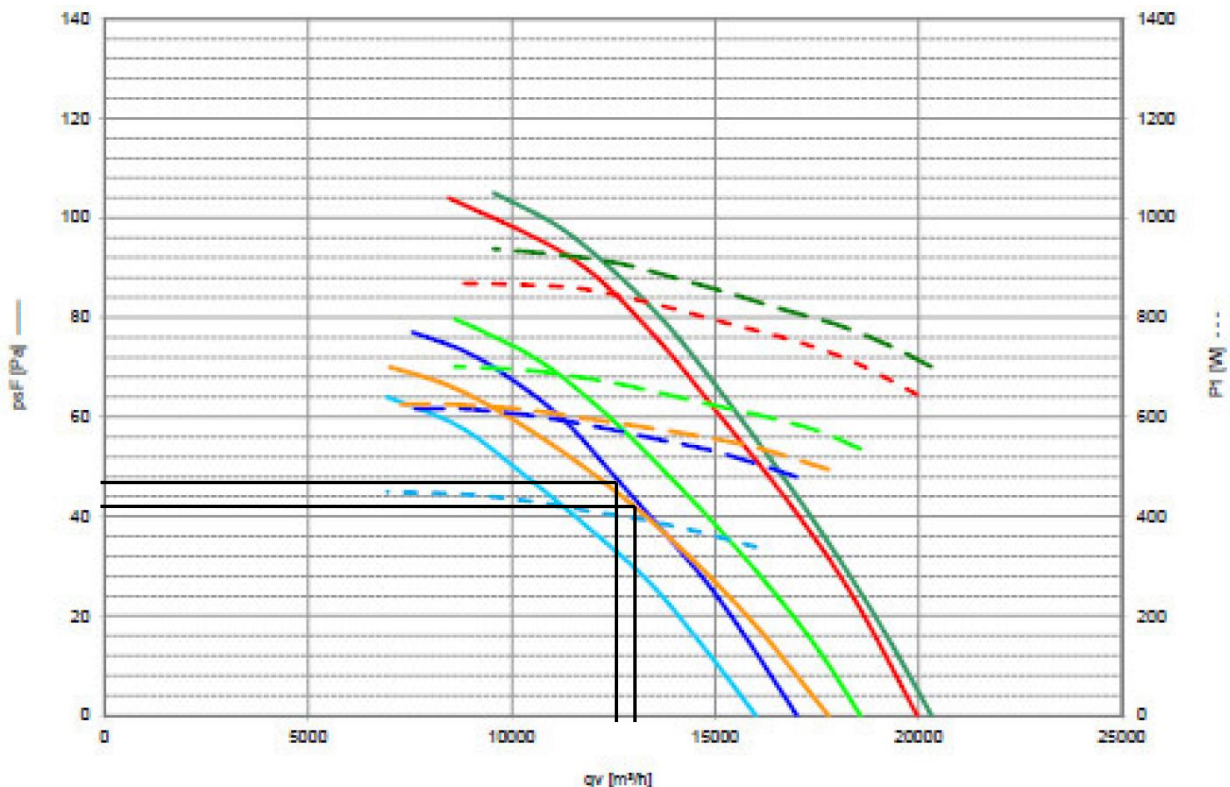


Figure 29 : Nouveaux points de fonctionnement possibles pour les ventilateurs

- Débit calculé pour une installation sans filtre : 13200m³/h @ 42 Pa ;
- Débit calculé pour une installation avec filtre propre : 12 600m³/h @ 47 Pa.

Pour conserver une bonne évacuation des calories, deux facteurs peuvent être modifiés :

- Augmentation de la température de l'huile dans le circuit ;
- Réduction du seuil de température maximale pour l'entrée d'air.

L'objectif étant d'augmenter les écarts de températures entre le fluide chaud (huile) et le fluide froid (air). Ceci permet d'augmenter le coefficient d'échange global de l'échangeur et ainsi compenser la réduction du débit d'air.

Connaissant les performances de son échangeur, c'est le thermodynamicien du fabricant du transformateur qui va pouvoir définir les nouvelles températures d'huile ou la température maximale d'entrée d'air dans le local. Ainsi, il pourra valider la configuration en loge fermée et les nouveaux points de fonctionnement associés.

Données nécessaires pour définir les nouvelles températures de fonctionnement :

- Coefficient globale d'échange
- Surface d'échange

Estimation de l'élévation de la température d'huile pour une température d'air extérieur de 40°C :

- Installation sans filtre : + 1.5°C
- Installation avec filtre : + 3.0°C

Remarque concernant les filtres :

Les filtres préconisés sont des filtres métalliques nettoyables de classe G4 (*FT en Annexe*).

Attention, l'encrassement des filtres augmente la perte de charge. Cette augmentation peut être évaluée à distance avec un presostat (mesure de l'écart de pression avant et après les grilles) qui renvoie un signal d'alarme indiquant que les grilles doivent être nettoyées.

9. CONCLUSION

9.1. CARACTERISATION DE L'ETAT INITIAL

- En période diurne (7h-22h), les émergences en limite de propriété des riverains du site (ZER 1 et ZER 2) **sont inférieures à la limite réglementaire de 5 dB(A).**
- En période nocturne (22h-7h), les émergences en limite de propriété des riverains du site (ZER 1 et ZER 2) **sont supérieures à la limite réglementaire de 3 dB(A).**

9.2. ETAT PREVISIONNEL ET PROJETE – SANS TRAITEMENT ACOUSTQUE

Dans ce modèle nous avons considéré :

- Un dispositif de réfrigération à **bruit réduit ($L_w < 75 \text{ dB(A)}$)** ;
- La partie active de la cuve (TR seul) associée à une puissance acoustique inférieure à 86 dB(A) (**$L_w < 86 \text{ dB(A)}$**) ;
- **Portes acoustiques** sur les loges « PIL40 », tels que définis au §6.2.4.1.

Aucun traitement acoustique n'est mis en place sur ce modèle d'évaluation du bruit.

Le modèle acoustique de l'état prévisionnel après déplacement et remplacement des TR311 et TR312 et ajout du TR313, en loges fermées, nous permet d'estimer les émergences suivantes aux points ZER :

• **Résultats en période diurne :**

Point de mesure	Contribution des TR <u>calculée</u> dB(A)	Niveau de bruit résiduel <u>mesuré</u> dB(A)	Niveau de bruit ambiant <u>estimé</u> dB(A)	Emergence dB(A)	Emergence maximale réglementée dB(A)	Conformité
Etat prévisionnel 1 – Remplacement des TR 311 et TR 312						
ZER 1	36.0	58.0	58.0	0.0	5.0	Oui
ZER 2	38.0	44.5	45.5	1.0	5.0	Oui

Etat projeté – Remplacement des TR 311, TR 312 et TR 313						
ZER 1	38.0	58.0	58.0	0.0	5.0	Oui
ZER 2	40.0	44.5	46.0	1.5	5.0	Oui

L'activité du poste source dans son état prévisionnel avec remplacement des transformateurs actuels (TR311 et TR312) ainsi que l'ajout d'un nouveau transformateur (TR313), en loges fermées, respectera le critère d'émergence réglementaire de 5.0 dB(A) aux points ZER 1 et ZER 2 en période diurne.

• **Résultats en période nocturne :**

Point de mesure	Contribution des TR <u>calculée</u> dB(A)	Niveau de bruit résiduel <u>mesuré</u> dB(A)	Niveau de bruit ambiant <u>estimé</u> dB(A)	Emergence dB(A)	Emergence maximale réglementée dB(A)	Conformité
Etat prévisionnel 1 – Remplacement des TR 311 et TR 312						
ZER 1	36.0	38.5	40.5	2.0	3.0	Oui
ZER 2	38.0	36.0	40.0	4.0	3.0	Non

Etat projeté – Remplacement des TR 311, TR 312 et TR 313						
ZER 1	38.0	38.5	41.5	3.0	3.0	Non
ZER 2	40.0	36.0	41.5	5.5	3.0	Non

*Risque de dépassement du fait des incertitudes de calcul

L'activité du poste source dans son état prévisionnel avec remplacement des transformateurs actuels (TR311 et TR312) ainsi que l'ajout d'un nouveau transformateur (TR313), en loges fermées, ne respectera pas le critère d'émergence réglementaire de 3.0 dB(A) aux points calculés, en période nocturne.

⇒ **L'état projeté avec le nouveau projet d'aménagement du poste source ne permet pas l'atteinte des objectifs en ZER.**

En effet, le bruit généré par le poste source chez les riverains est supérieur à la limite d'émergence réglementaire nocturne, sur tous les points évalués.

L'essentiel du bruit provient des ouvertures aérauliques des loges des transformateurs.

La mise en place de silencieux est étudiée afin de réduire le bruit dans l'environnement (étude acoustique et aéraulique).

9.3. ETAT PREVISIONNEL ET PROJETE – AVEC TRAITEMENT ACOUSTIQUE

Dans ce modèle nous avons considéré :

- Un dispositif de réfrigération à **bruit réduit ($L_w < 75 \text{ dB(A)}$)** ;
- La partie active de la cuve (TR seul) associée à une puissance acoustique inférieure à 86 dB(A) (**$L_w < 86 \text{ dB(A)}$**) ;
- **Portes acoustiques** sur les loges « PIL40 », tels que définis au §6.2.4.1 ;
- **Silencieux à baffles** (épaisseur 100 mm, voie d'air 100 mm, longueur 600 mm) sur les entrées d'air frais, tel que définis au §7.1 ;
- **Silencieux circulaire** (diamètre 1000 mm, laine 100 mm, longueur 2000 mm) sur les sorties d'air chaud, tel que définis au §7.1.

Le modèle acoustique de l'état prévisionnel après déplacement et remplacement des TR311 et TR312 et ajout du TR313, en loges fermées, nous permet d'estimer les émergences suivantes aux points ZER :

• **Résultats en période diurne :**

Point de mesure	Contribution des TR calculée dB(A)	Niveau de bruit résiduel mesuré dB(A)	Niveau de bruit ambiant estimé dB(A)	Emergence dB(A)	Emergence maximale réglementée dB(A)	Conformité
Etat prévisionnel 1 – Remplacement des TR 311 et TR 312						
ZER 1	32.0	58.0	58.0	0.0	5.0	Oui
ZER 2	31.5	44.5	45.0	0.5	5.0	Oui
Etat projeté – Remplacement des TR 311, TR 312 et TR 313						
ZER 1	33.5	58.0	58.0	0.0	5.0	Oui
ZER 2	33.0	44.5	45.0	0.5	5.0	Oui

L'activité du poste source dans son état prévisionnel avec remplacement des transformateurs (TR 311, TR312 et TR313) ainsi que la mise en place de silencieux sur les entrées et sorties d'air (tels que définis en §7.1) respectera le critère d'émergence réglementaire de 3.0 dB(A) aux points calculés, en période diurne.

• **Résultats en période nocturne :**

Point de mesure	Contribution des TR <u>calculée</u> dB(A)	Niveau de bruit résiduel <u>mesuré</u> dB(A)	Niveau de bruit ambiant <u>estimé</u> dB(A)	Emergence dB(A)	Emergence maximale réglementée dB(A)	Conformité
Etat prévisionnel 1 – Remplacement des TR 311 et TR 312						
ZER 1	32.0	38.5	39.5	1.0	3.0	Oui
ZER 2	31.5	36.0	37.5	1.5	3.0	Oui

Etat projeté – Remplacement des TR 311, TR 312 et TR 313						
ZER 1	33.5	38.5	40.0	1.5	3.0	Oui
ZER 2	33.0	36.0	38.0	2.0	3.0	Oui

L'activité du poste source dans son état prévisionnel avec remplacement des transformateurs (TR 311, TR312 et TR313) ainsi que la mise en place de silencieux sur les entrées et sorties d'air (tels que définis en §7.1) respectera le critère d'émergence réglementaire de 3.0 dB(A) aux points calculés, en période nocturne.

9.4. ETAT PREVISIONNEL – AERAIQUE

En configuration loge fermée, les ventilateurs des échangeurs doivent contrer une charge supplémentaire, ce qui implique une réduction du débit d'air et une augmentation de la température d'huile.

Résultat pour un air ambiant à 40°C :

Configuration	Actuelle	Loge sans filtre	Loge avec filtre	Unités
Débit	14 292	13 200	12 600	m3/h
Charge du ventilateur	34	42	47	Pa
Température air extérieure	40	40	40	°C
Température air loge	40	41.5	41.5	°C
Température air de sortie	67	71	72.5	°C
Température d'huile	75.1	76.6	77.9	°C
Refroidissement de l'huile	4.2	4.2	4.2	°C

Ces nouvelles températures doivent être validées par le fabricant de l'échangeur à partir des nouveaux débits calculés.

Les conditions de fonctionnement maximales doivent être redéfinies par ENEDIS en fonction des nouvelles températures.




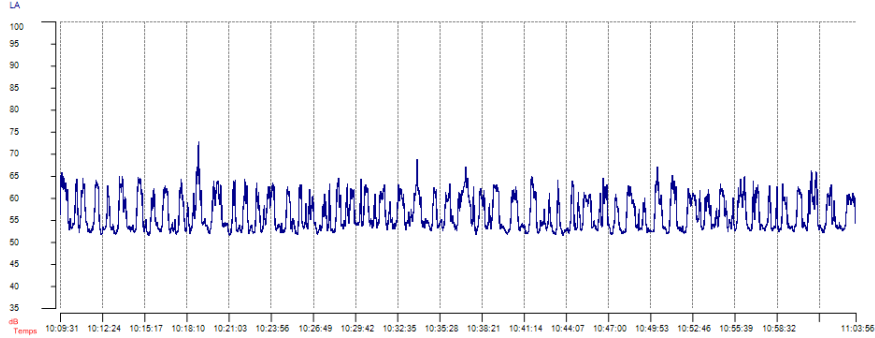
Si les augmentations de températures ne sont pas acceptables ou si elles ne peuvent pas être validée par le fabricant, des ventilateurs doivent être placés à l'intérieur de la loge.

L'implantation de ventilateur implique un redimensionnement du silencieux d'entrée d'air (aéro-acoustique).




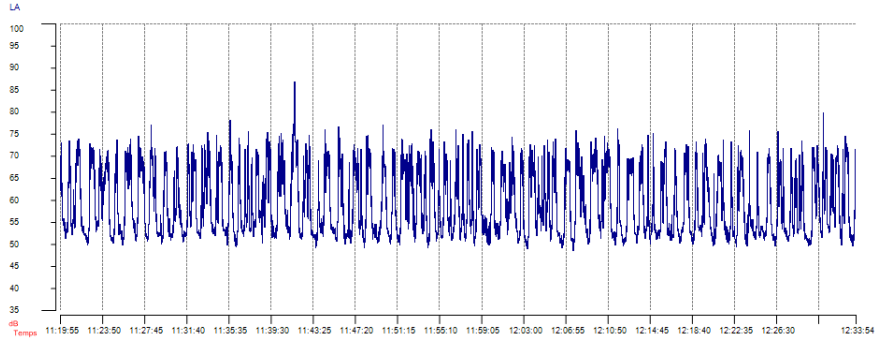
Les ventilateurs permettront de compenser la charge liée aux équipements acoustiques et de faire fonctionner les ventilateurs des aéroréfrigérant sur leur point de fonctionnement initial.




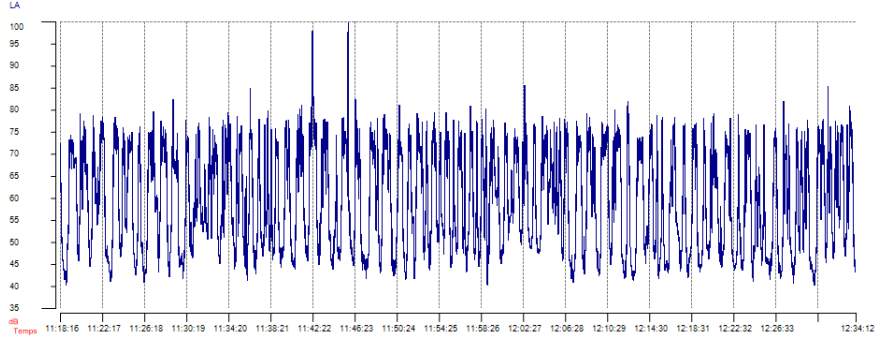
ANNEXES

ANNEXE 1 : Fiches des mesures acoustiques




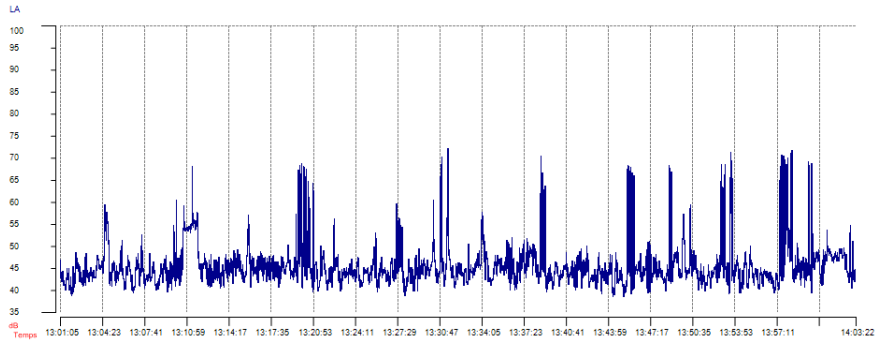
PERIODE JOUR																			
Point : LdP 1			Date : 03/05/2017	Heure : 10h09															
Opérateur :		DELEAGE/BARONNIER																	
																			
																			
				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Niveaux de bruit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L_{Aeq}</td> <td>58.4 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>L_{min}</td> <td>51.5 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>L_{max}</td> <td>72.9 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>L_{A90}</td> <td>52.5 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>L_{A50}</td> <td>54.8 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>Durée</td> <td>00:54:25</td> </tr> </tbody> </table>		Niveaux de bruit		L _{Aeq}	58.4 dB(A)	L _{min}	51.5 dB(A)	L _{max}	72.9 dB(A)	L _{A90}	52.5 dB(A)	L _{A50}	54.8 dB(A)	Durée	00:54:25
Niveaux de bruit																			
L _{Aeq}	58.4 dB(A)																		
L _{min}	51.5 dB(A)																		
L _{max}	72.9 dB(A)																		
L _{A90}	52.5 dB(A)																		
L _{A50}	54.8 dB(A)																		
Durée	00:54:25																		
Condition météo		Matériel	Marque	Type	N° de série														
Vitesse du vent	faible	Sonomètre	dBVib	SONATE+	15100041														
		Pré-ampli	dBVib	PR23	13090119														
Etat du ciel	dégagé	Microphone	PCB	377B02	139447														
		Calibreur	dBVib	CAL300	13020015														
Remarque :																			



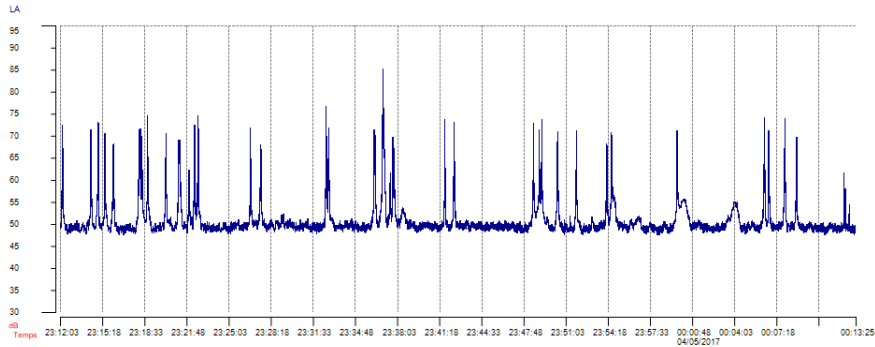
PERIODE JOUR																			
Point : LdP 2		Date : 03/05/2017		Heure : 10h06															
Opérateur : DELEAGE/BARONNIER																			
																			
				Vous êtes ici															
				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Niveaux de bruit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L_{Aeq}</td> <td>57.6 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>L_{min}</td> <td>55.1 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>L_{max}</td> <td>68.0 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>L_{A90}</td> <td>56.7 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>L_{A50}</td> <td>57.4 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>Durée</td> <td>00:54:22</td> </tr> </tbody> </table>		Niveaux de bruit		L _{Aeq}	57.6 dB(A)	L _{min}	55.1 dB(A)	L _{max}	68.0 dB(A)	L _{A90}	56.7 dB(A)	L _{A50}	57.4 dB(A)	Durée	00:54:22
Niveaux de bruit																			
L _{Aeq}	57.6 dB(A)																		
L _{min}	55.1 dB(A)																		
L _{max}	68.0 dB(A)																		
L _{A90}	56.7 dB(A)																		
L _{A50}	57.4 dB(A)																		
Durée	00:54:22																		
Condition météo		Matériel	Marque	Type	N° de série														
Vitesse du vent	faible	Sonomètre	dBVib	SONATE+	13120031														
		Pré-ampli	dBVib	PR23	13090119														
Etat du ciel	dégagé	Microphone	PCB	377B02	139447														
		Calibreur	dBVib	CAL300	13020015														
Remarque :																			




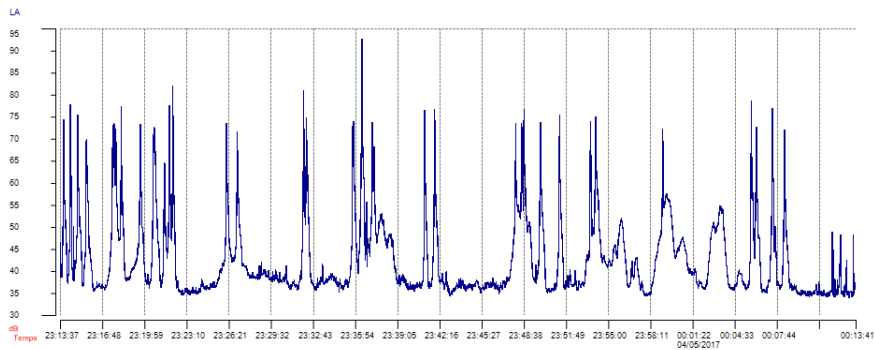
PERIODE JOUR																			
Point : ZER Ambiant 1			Date : 03/05/2017	Heure : 11h19															
Opérateur :		DELEAGE/BARONNIER																	
																			
																			
				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Niveaux de bruit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L_{Aeq}</td> <td>65.6 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>L_{min}</td> <td>48.7 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>L_{max}</td> <td>86.9 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>L_{A90}</td> <td>51.4 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>L_{A50}</td> <td>56.4 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>Durée</td> <td>01:13:59</td> </tr> </tbody> </table>		Niveaux de bruit		L _{Aeq}	65.6 dB(A)	L _{min}	48.7 dB(A)	L _{max}	86.9 dB(A)	L _{A90}	51.4 dB(A)	L _{A50}	56.4 dB(A)	Durée	01:13:59
Niveaux de bruit																			
L _{Aeq}	65.6 dB(A)																		
L _{min}	48.7 dB(A)																		
L _{max}	86.9 dB(A)																		
L _{A90}	51.4 dB(A)																		
L _{A50}	56.4 dB(A)																		
Durée	01:13:59																		
Condition météo		Matériel	Marque	Type	N° de série														
Vitesse du vent	faible	Sonomètre	dBVib	SONATE+	13120031														
		Pré-ampli	dBVib	PR23	13090119														
Etat du ciel	dégagé	Microphone	PCB	377B02	139447														
		Calibreur	dBVib	CAL300	13020015														
Remarque :																			

PERIODE JOUR																			
Point : Résiduel 1			Date : 03/05/2017	Heure : 11h18															
Opérateur :		DELEAGE/BARONNIER																	
																			
																			
			<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Niveaux de bruit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L_{Aeq}</td> <td>71.9 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>L_{min}</td> <td>40.2 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>L_{max}</td> <td>99.9 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>L_{A90}</td> <td>45.0 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>L_{A50}</td> <td>58.1 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>Durée</td> <td>01:15:55</td> </tr> </tbody> </table>			Niveaux de bruit		L _{Aeq}	71.9 dB(A)	L _{min}	40.2 dB(A)	L _{max}	99.9 dB(A)	L _{A90}	45.0 dB(A)	L _{A50}	58.1 dB(A)	Durée	01:15:55
Niveaux de bruit																			
L _{Aeq}	71.9 dB(A)																		
L _{min}	40.2 dB(A)																		
L _{max}	99.9 dB(A)																		
L _{A90}	45.0 dB(A)																		
L _{A50}	58.1 dB(A)																		
Durée	01:15:55																		
Condition météo		Matériel	Marque	Type	N° de série														
Vitesse du vent	faible	Sonomètre	dBVib	SONATE+	15100041														
		Pré-ampli	dBVib	PR23	13090119														
Etat du ciel	dégagé	Microphone	PCB	377B02	139447														
		Calibreur	dBVib	CAL300	13020015														
Remarque :																			



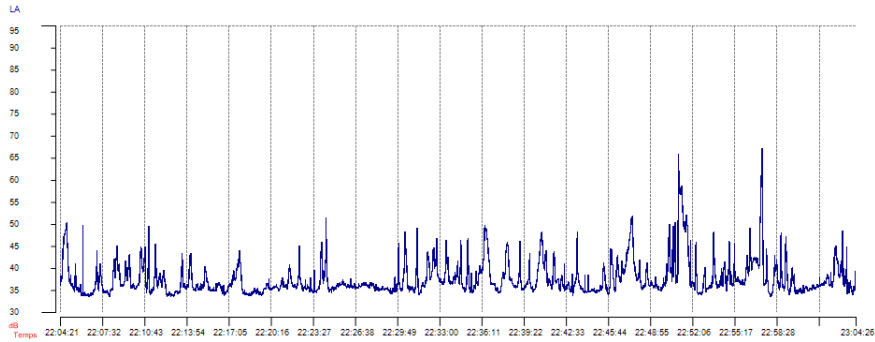
PERIODE JOUR																			
Point : ZER Ambiant 2			Date : 03/05/2017	Heure : 12h56															
Opérateur :		DELEAGE/BARONNIER																	
																			
			 <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block; margin-left: 10px;">Vous êtes ici</div>																
			<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Niveaux de bruit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L_{Aeq}</td> <td>49.7 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>L_{min}</td> <td>43.1 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>L_{max}</td> <td>61.9 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>L_{A90}</td> <td>44.5 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>L_{A50}</td> <td>47.1 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>Durée</td> <td>01:10:07</td> </tr> </tbody> </table>			Niveaux de bruit		L _{Aeq}	49.7 dB(A)	L _{min}	43.1 dB(A)	L _{max}	61.9 dB(A)	L _{A90}	44.5 dB(A)	L _{A50}	47.1 dB(A)	Durée	01:10:07
Niveaux de bruit																			
L _{Aeq}	49.7 dB(A)																		
L _{min}	43.1 dB(A)																		
L _{max}	61.9 dB(A)																		
L _{A90}	44.5 dB(A)																		
L _{A50}	47.1 dB(A)																		
Durée	01:10:07																		
Condition météo		Matériel	Marque	Type	N° de série														
Vitesse du vent	faible	Sonomètre	dBVib	SONATE+	12020006														
		Pré-ampli	dBVib	PR23	12010017														
Etat du ciel	dégagé	Microphone	PCB	377B02	130376														
		Calibreur	dBVib	CAL300	13020015														
Remarque :																			

PERIODE JOUR																			
Point : Résiduel 2		Date : 03/05/2017		Heure : 13h01															
Opérateur :		DELEAGE/BARONNIER																	
																			
				<div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block;">Vous êtes ici</div>															
				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Niveaux de bruit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L_{Aeq}</td> <td>52.7 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>L_{min}</td> <td>38.6 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>L_{max}</td> <td>72.2 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>L_{A90}</td> <td>41.5 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>L_{A50}</td> <td>44.4 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>Durée</td> <td>01:02:17</td> </tr> </tbody> </table>		Niveaux de bruit		L _{Aeq}	52.7 dB(A)	L _{min}	38.6 dB(A)	L _{max}	72.2 dB(A)	L _{A90}	41.5 dB(A)	L _{A50}	44.4 dB(A)	Durée	01:02:17
Niveaux de bruit																			
L _{Aeq}	52.7 dB(A)																		
L _{min}	38.6 dB(A)																		
L _{max}	72.2 dB(A)																		
L _{A90}	41.5 dB(A)																		
L _{A50}	44.4 dB(A)																		
Durée	01:02:17																		
Condition météo		Matériel	Marque	Type	N° de série														
Vitesse du vent	faible	Sonomètre	dBVib	SONATE+	15100041														
		Pré-ampli	dBVib	PR23	13090119														
Etat du ciel	dégagé	Microphone	PCB	377B02	139447														
		Calibreur	dBVib	CAL300	13020015														
Remarque :																			

PERIODE NUIT																			
Point : ZER Ambiant 1		Date : 03/05/2017		Heure : 23h12															
Opérateur : DELEAGE/BARONNIER																			
																			
 <div style="border: 1px solid red; padding: 2px; display: inline-block;">Vous êtes ici</div>																			
				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Niveaux de bruit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L_{Aeq}</td> <td>57.4 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>L_{min}</td> <td>47.6 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>L_{max}</td> <td>85.2 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>L_{A90}</td> <td>48.5 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>L_{A50}</td> <td>49.7 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>Durée</td> <td>01:01:22</td> </tr> </tbody> </table>		Niveaux de bruit		L _{Aeq}	57.4 dB(A)	L _{min}	47.6 dB(A)	L _{max}	85.2 dB(A)	L _{A90}	48.5 dB(A)	L _{A50}	49.7 dB(A)	Durée	01:01:22
Niveaux de bruit																			
L _{Aeq}	57.4 dB(A)																		
L _{min}	47.6 dB(A)																		
L _{max}	85.2 dB(A)																		
L _{A90}	48.5 dB(A)																		
L _{A50}	49.7 dB(A)																		
Durée	01:01:22																		
Condition météo		Matériel	Marque	Type	N° de série														
Vitesse du vent	faible	Sonomètre	dBVib	SONATE+	15100041														
		Pré-ampli	dBVib	PR23	13090119														
Etat du ciel	dégagé	Microphone	PCB	377B02	139447														
		Calibreur	dBVib	CAL300	13020015														
Remarque :																			

PERIODE NUIT																			
Point : Résiduel 1		Date : 03/05/2017		Heure : 23h13															
Opérateur :		DELEAGE/BARONNIER																	
																			
 <div style="border: 1px solid red; padding: 2px; display: inline-block;">Vous êtes ici</div>																			
				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Niveaux de bruit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L_{Aeq}</td> <td>62.2 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>L_{min}</td> <td>34.0 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>L_{max}</td> <td>92.7 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>L_{A90}</td> <td>35.5 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>L_{A50}</td> <td>38.6 dB(A)</td> </tr> <tr> <td>Durée</td> <td>01:00:04</td> </tr> </tbody> </table>		Niveaux de bruit		L _{Aeq}	62.2 dB(A)	L _{min}	34.0 dB(A)	L _{max}	92.7 dB(A)	L _{A90}	35.5 dB(A)	L _{A50}	38.6 dB(A)	Durée	01:00:04
Niveaux de bruit																			
L _{Aeq}	62.2 dB(A)																		
L _{min}	34.0 dB(A)																		
L _{max}	92.7 dB(A)																		
L _{A90}	35.5 dB(A)																		
L _{A50}	38.6 dB(A)																		
Durée	01:00:04																		
Condition météo		Matériel	Marque	Type	N° de série														
Vitesse du vent	faible	Sonomètre	dBVib	SONATE+	13120031														
		Pré-ampli	dBVib	PR23	13090119														
Etat du ciel	dégagé	Microphone	PCB	377B02	139447														
		Calibreur	dBVib	CAL300	13020015														
Remarque :																			

PERIODE NUIT					
Point : ZER Ambiant 2			Date : 03/05/2017	Heure : 22h00	
Opérateur :		DELEAGE/BARONNIER			
					
			 <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block; margin-top: 10px;">Vous êtes ici</div>		
				Niveaux de bruit	
				L _{Aeq}	43.6 dB(A)
				L _{min}	41.3 dB(A)
				L _{max}	53.7 dB(A)
				L _{A90}	41.8 dB(A)
				L _{A50}	42.3 dB(A)
				Durée	01:08:16
Condition météo		Matériel	Marque	Type	N° de série
Vitesse du vent	faible	Sonomètre	dBVib	SONATE+	15100041
		Pré-ampli	dBVib	PR23	13090119
Etat du ciel	dégagé	Microphone	PCB	377B02	139447
		Calibreur	dBVib	CAL300	13020015
Remarque :					

PERIODE NUIT					
Point : Résiduel 2		Date : 03/05/2017		Heure : 22h04	
Opérateur :		DELEAGE/BARONNIER			
					
				<div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block;">Vous êtes ici</div>	
				Niveaux de bruit	
				L _{Aeq}	42.8 dB(A)
				L _{min}	33.5 dB(A)
				L _{max}	67.1 dB(A)
				L _{A90}	34.6 dB(A)
				L _{A50}	36.2 dB(A)
				Durée	01:00:05
Condition météo		Matériel	Marque	Type	N° de série
Vitesse du vent	faible	Sonomètre	dBVib	SONATE+	13120031
		Pré-ampli	dBVib	PR23	13090119
Etat du ciel	dégagé	Microphone	PCB	377B02	139447
		Calibreur	dBVib	CAL300	13020015
Remarque :					

ANNEXE 2 : Evaluation de la puissance acoustique du Transformateur 312

Des relevés de pression acoustique ont été réalisés, en champ proche du transformateur 312, afin d'obtenir ses niveaux de puissance acoustique expérimentaux.

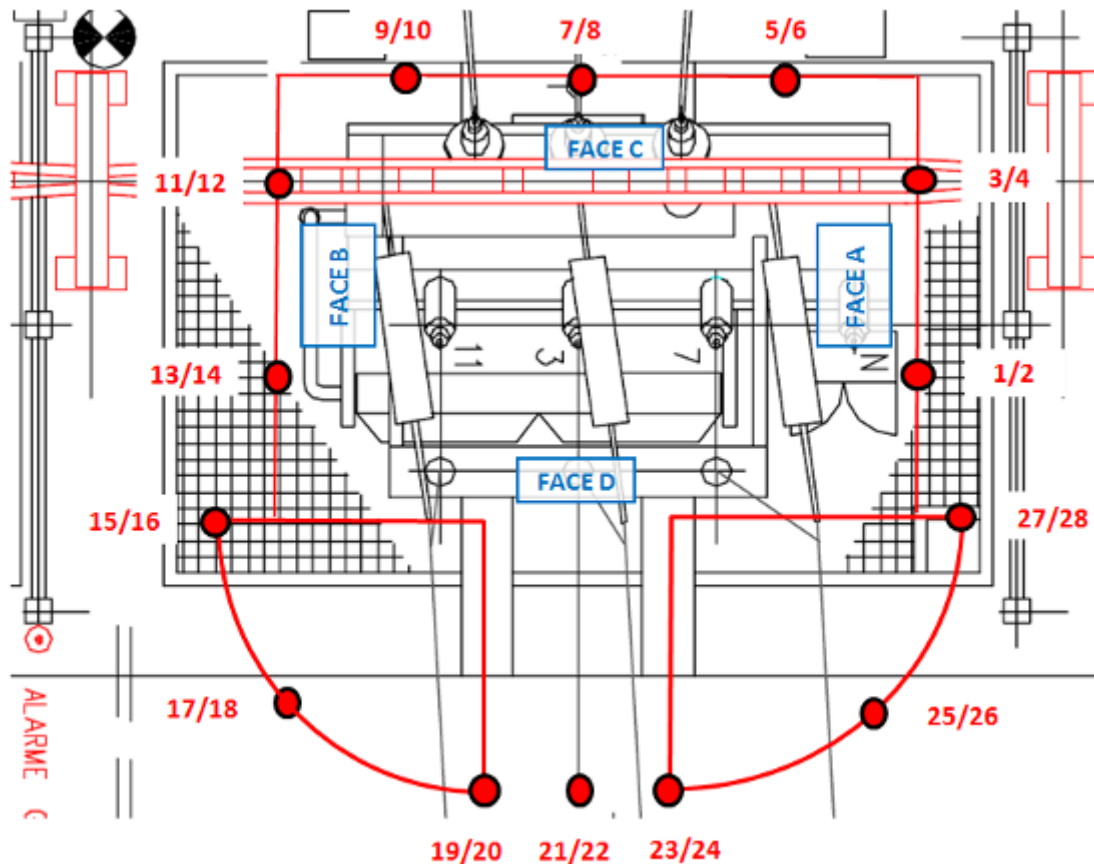


Figure 30 : Emplacement des points de mesures autour du transformateur

X/Y : X Mesures à 0,9 m de hauteur ;
Y Mesures à 1,6 m de hauteur.

Le contour prescrit se trouve à 0,5 m pour la mesure de puissance acoustique des faces A, B, C du transformateur. Le contour prescrit se trouve à 3,0 m pour la mesure de puissance acoustique de la face D.

Face A du transformateur (Moyenne des points 1/2/3/4)

Niveaux de pression acoustique en bande 1/3 d'octave :

Fréquence (Hz)	50	63	80	100	125	160	200	250
Lp (dB)	59.0	64.4	69.8	73.9	64.8	65.6	67.2	62.9
Fréquence (Hz)	315	400	500	630	800	1000	1250	1600
Lp (dB)	64.8	65.2	64.3	60.2	60.2	55.9	52.0	49.9
Fréquence (Hz)	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
Lp (dB)	47.0	46.0	42.8	41.0	37.8	34.6	33.8	31.3

- Calcul de la puissance acoustique (mesures à 0.5m de la surface de rayonnement)

$$\text{Surface de mesure : } (2.2+1)*(2.4+0.5) = 9.28 \text{ m}^2$$

Niveaux de puissance acoustique en bande 1/3 d'octave :

Fréquence (Hz)	50	63	80	100	125	160	200	250
Lw (dB)	68.7	74.1	79.5	83.5	74.5	75.3	76.9	72.6
Fréquence (Hz)	315	400	500	630	800	1000	1250	1600
Lw (dB)	74.5	74.9	74.0	69.9	69.9	65.6	61.7	59.6
Fréquence (Hz)	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
Lw (dB)	56.6	55.7	52.5	50.7	47.5	44.3	43.5	41.0

Face B du transformateur (Moyenne des points 11/12/13/14)

Niveaux de pression acoustique en bande 1/3 d'octave :

Fréquence (Hz)	50	63	80	100	125	160	200	250
Lp (dB)	64.0	63.9	69.8	79.1	73.3	68.8	70.5	65.4
Fréquence (Hz)	315	400	500	630	800	1000	1250	1600
Lp (dB)	68.8	70.2	69.1	66.0	65.3	61.7	59.2	57.9
Fréquence (Hz)	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
Lp (dB)	55.2	53.2	50.5	46.7	42.5	41.5	39.6	35.7

- Calcul de la puissance acoustique (mesures à 0.5m de la surface de rayonnement)

$$\text{Surface de mesure : } (2.2+1)*(2.4+0.5) = 9.28 \text{ m}^2$$

Niveaux de puissance acoustique en bande 1/3 d'octave :

Fréquence (Hz)	50	63	80	100	125	160	200	250
Lw (dB)	73.7	73.5	79.4	88.7	83.0	78.5	80.2	75.0
Fréquence (Hz)	315	400	500	630	800	1000	1250	1600
Lw (dB)	78.5	79.9	78.8	75.7	74.9	71.3	68.8	67.6
Fréquence (Hz)	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
64.9	62.9	60.2	56.4	52.2	51.2	49.3	45.4	64.9

Face C du transformateur (Moyenne des points 5/6/7/8/9/10)

Niveaux de pression acoustique en bande 1/3 d'octave :

Fréquence (Hz)	50	63	80	100	125	160	200	250
Lp (dB)	59.9	67.1	73.7	78.2	64.9	63.1	67.8	59.6
Fréquence (Hz)	315	400	500	630	800	1000	1250	1600
Lp (dB)	66.4	66.5	65.8	61.0	60.4	55.4	51.9	49.8
Fréquence (Hz)	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
Lp (dB)	47.3	45.9	43.4	41.6	39.2	37.2	35.1	32.6

- Calcul de la puissance acoustique (mesures à 0.5m de la surface de rayonnement)

$$\text{Surface de mesure : } (3.7+1)*(2.4+0.5) = \mathbf{13.63 \text{ m}^2}$$

Niveaux de puissance acoustique en bande 1/3 d'octave :

Fréquence (Hz)	50	63	80	100	125	160	200	250
Lw (dB)	71.2	78.4	85.0	89.6	76.3	74.4	79.1	71.0
Fréquence (Hz)	315	400	500	630	800	1000	1250	1600
Lw (dB)	77.8	77.8	77.1	72.3	71.8	66.7	63.3	61.1
Fréquence (Hz)	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
Lw (dB)	58.6	57.3	54.7	52.9	50.5	48.5	46.5	44.0

Face D du transformateur (Moyenne des points 15 à 28)

Niveaux de pression acoustique en bande 1/3 d'octave :

Fréquence (Hz)	50	63	80	100	125	160	200	250
Lp (dB)	64.5	68.6	74.9	72.4	65.3	65.7	65.2	62.5
Fréquence (Hz)	315	400	500	630	800	1000	1250	1600
Lp (dB)	64.8	65.0	66.6	64.2	64.0	62.5	59.6	58.1
Fréquence (Hz)	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
Lp (dB)	56.8	55.0	52.8	50.7	48.4	45.5	43.7	42.5

- Calcul de la puissance acoustique (mesures à 3m de la surface de rayonnement)

$$\text{Surface de mesure : } (2*\pi+3)*2.4= \mathbf{22.3 \text{ m}^2}$$

Niveaux de puissance acoustique en bande 1/3 d'octave :

Niveaux de pression acoustique en bande 1/3 d'octave (**3 ventilateurs**) :

Fréquence (Hz)	50	63	80	100	125	160	200	250
Lw (dB)	78.0	82.1	88.3	85.9	78.8	79.1	78.7	76.0
Fréquence (Hz)	315	400	500	630	800	1000	1250	1600
Lw (dB)	78.3	78.5	80.1	77.6	77.5	75.9	73.1	71.6
Fréquence (Hz)	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
Lw (dB)	70.3	68.5	66.3	64.2	61.9	59.0	57.2	56.0

ANNEXE 3 : Recalage de la puissance acoustique du transformateur

Nous avons procédé à un recalage de la puissance acoustique du transformateur TR312 de notre modèle vis-à-vis des relevés de pression acoustiques réalisés dans l'enceinte du site (cartographie acoustique).

Nous avons simulé des points récepteurs correspondants à nos points de mesures sur site.

Note : La puissance acoustique expérimentale initiale du transformateur a été obtenue lors de mesures de pression en champ proche sur le transformateur 312.

- **Niveaux de puissance acoustique recalés du transformateur TR312**

FACE A, niveaux de puissance acoustique en bande 1/3 d'octave :

Fréquence (Hz)	50	63	80	100	125	160	200	250
Lw (dB)	66.2	71.6	77.0	81.0	72.0	72.8	74.4	70.1
Fréquence (Hz)	315	400	500	630	800	1000	1250	1600
Lw (dB)	72.0	72.4	71.5	67.4	67.4	63.1	59.2	57.1
Fréquence (Hz)	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
Lw (dB)	54.1	53.2	50.0	48.2	45.0	41.8	41.0	38.5

FACE B, niveaux de puissance acoustique en bande 1/3 d'octave :

Fréquence (Hz)	50	63	80	100	125	160	200	250
Lw (dB)	72.7	72.5	78.4	87.7	82.0	77.5	79.2	74.0
Fréquence (Hz)	315	400	500	630	800	1000	1250	1600
Lw (dB)	77.5	78.9	77.8	74.7	73.9	70.3	67.8	66.6
Fréquence (Hz)	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
Lw (dB)	63.9	61.9	59.2	55.4	51.2	50.2	48.3	44.4

FACE C, niveaux de puissance acoustique en bande 1/3 d'octave :

Fréquence (Hz)	50	63	80	100	125	160	200	250
Lw (dB)	69.2	76.4	83.0	87.6	74.3	72.4	77.1	69.0
Fréquence (Hz)	315	400	500	630	800	1000	1250	1600
Lw (dB)	75.8	75.8	75.1	70.3	69.8	64.7	61.3	59.1
Fréquence (Hz)	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
Lw (dB)	56.6	55.3	52.7	50.9	48.5	46.5	44.5	42.0

FACE D, niveaux de puissance acoustique en bande 1/3 d'octave (**2 ventilateurs**) :

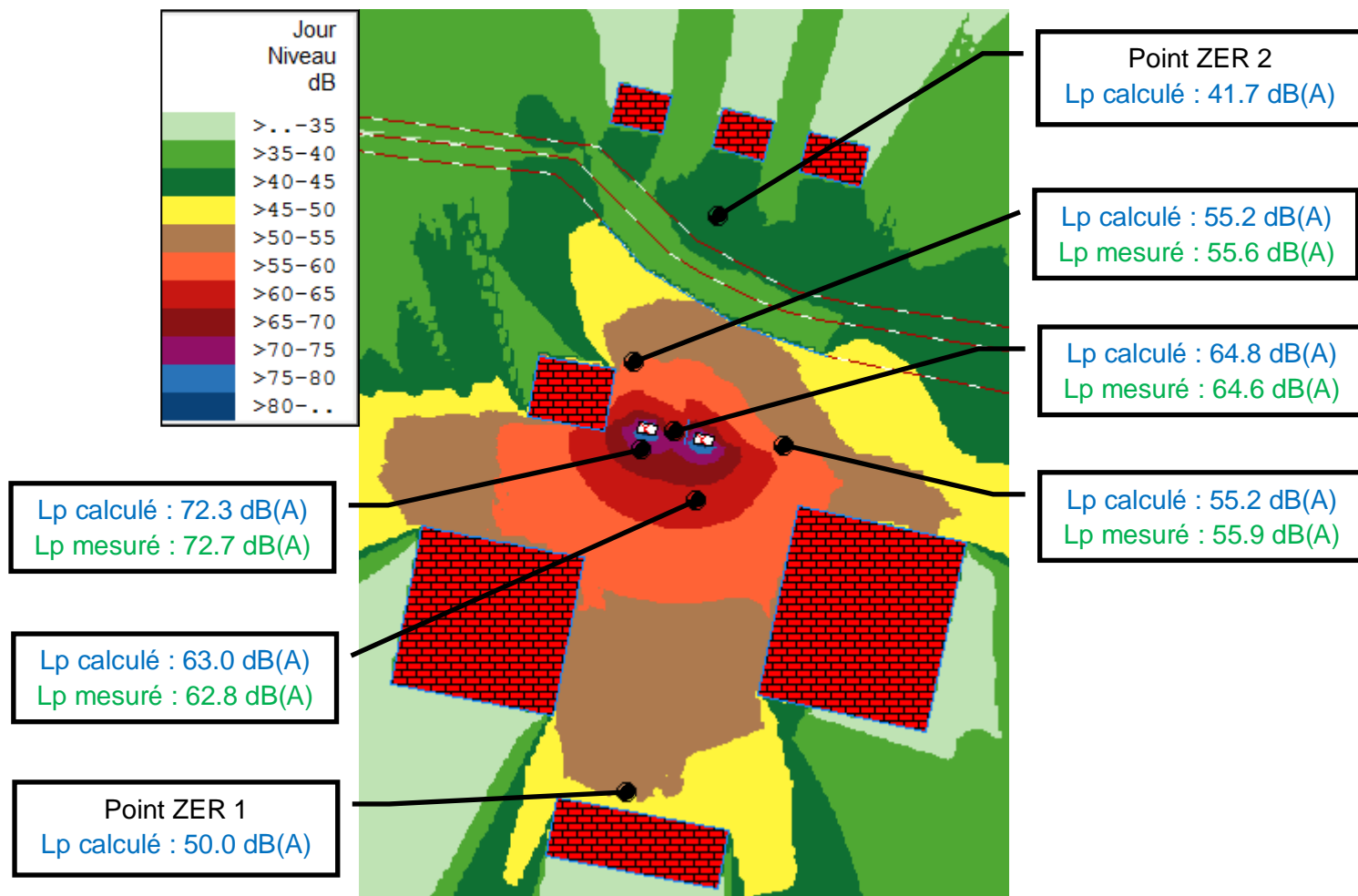
Fréquence (Hz)	50	63	80	100	125	160	200	250
Lw (dB)	85.0	89.1	95.3	92.9	85.8	86.1	85.7	83.0
Fréquence (Hz)	315	400	500	630	800	1000	1250	1600
Lw (dB)	85.3	85.5	87.1	84.6	84.5	82.9	80.1	78.6
Fréquence (Hz)	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
Lw (dB)	77.3	75.5	73.3	71.2	68.9	66.0	64.2	63.0

FACE TOIT, niveaux de puissance acoustique en bande 1/3 d'octave :

Fréquence (Hz)	50	63	80	100	125	160	200	250
Lw (dB)	72.7	72.5	78.4	87.7	82.0	77.5	79.2	74.0
Fréquence (Hz)	315	400	500	630	800	1000	1250	1600
Lw (dB)	77.5	78.9	77.8	74.7	73.9	70.3	67.8	66.6
Fréquence (Hz)	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
Lw (dB)	63.9	61.9	59.2	55.4	51.2	50.2	48.3	44.4

Les résultats de niveau de pression acoustique, avec les niveaux de puissance recalés simulés, sont présentés ci-après.

La cartographie après recalage est donnée ci-dessous :



La puissance acoustique des TR311 et TR312 est correctement recalée sur les mesures expérimentales.

ANNEXE 4 : Directives acoustiques ENEDIS

Les niveaux acoustiques émis par les transformateurs sont mesurés en usine suivant la norme à 2 mètres du transfo et doivent répondre aux spécifications suivantes pour un appareil neuf :

Niveaux max à respecter :

TR 70 & 2x40 MVA HTB2 :

- partie active du transformateur: < à 94 dB (& 87 dB pour le 40 MVA),
- dispositif de réfrigération à niveau de bruit normal: < à 85 dB (appareils en extérieur)

TR 36 MVA HTB1 :

- partie active du transformateur: < à 86 dB,
- dispositif de réfrigération à niveau de bruit réduit: < à 75 dB.

Les appareils 36 MVA HTB1 livrés depuis début 2014 sont tous équipés de base ou en option obligatoire d'un dispositif de réfrigération à niveau de bruit réduit 75 dB(A).

Ce qu'il faut retenir dans les dispositions constructives à mettre en place : quel que soit le projet, la marque et le modèle de transformateur peuvent changer dans la vie du projet

Autrement dit : il faudra prendre en référence pour toutes les études les niveaux de bruit **spécifiés ci-dessus** et non ceux **mesurés** (sauf dans le cas de projets de rénovation où ceux-ci pourraient être supérieurs aux bruits spécifiés).

Pour le cas de Louhans, vous échapperez difficilement à la contrainte si elle est avérée, autrement que en enfermant chaque transfo entre 4 murs, mais attention à laisser suffisamment de place entre murs et transfo pour qu'il puisse respirer.

Pour en reparler si nécessaire



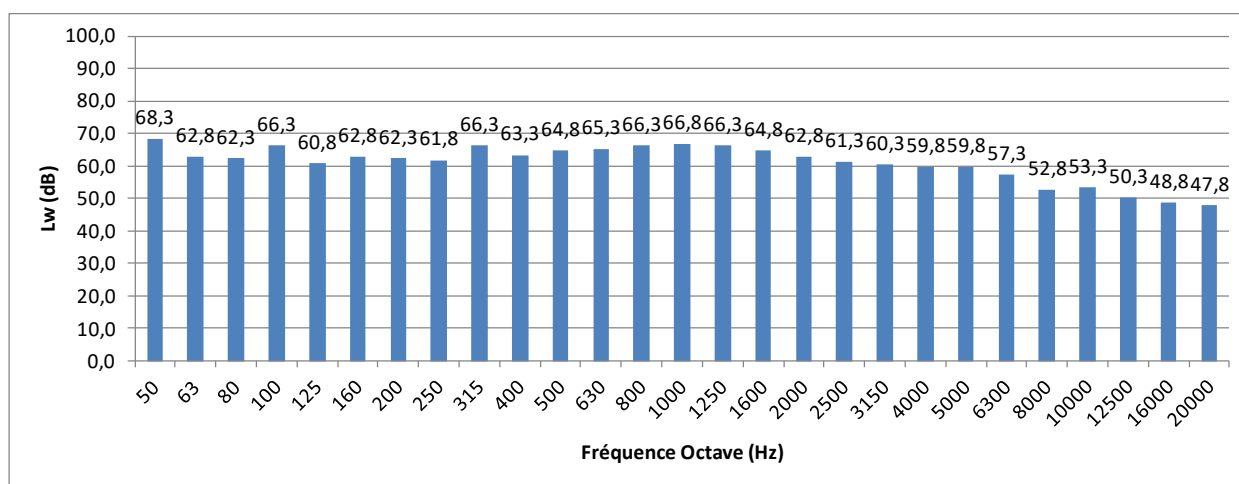
Gérard PASTEUR
Consultant Postes sources
Pôle Réseau - Département Fiabilité, Matériels et Postes source
Tour ERDF, bureau 1152, 34 Place des Corolles, 92079 Paris La Défense CEDEX
+33 (0)1 81 97 45 43 - +33 (0)6 72 66 94 86
gerard.pasteur@erdf.fr
<http://www.erdfdistribution.fr>

ANNEXE 5 : Puissance acoustique de la réfrigération :

Enedis prend en compte une réfrigération faible bruit dont la puissance acoustique n'excède pas 75 dB(A) ($L_w < 75 \text{ dB(A)}$).


En revanche, nous ne connaissons pas la répartition spectrale de cette puissance acoustique.

Le spectre de puissance acoustique suivant a été obtenu depuis un spectre de réfrigération JST dont les niveaux ont été ajustés afin de correspondre à un niveau global de 75 dB(A) :



Spectre de puissance acoustique de la partie réfrigération du TR 311

Spectre de réfrigération JST de référence pour l'ajustement du spectre à 75 dB(A).

 surveillance QUALITÉ	PROCÈS-VERBAL de contrôle ou d'essais TEST REPORT		N° du Procès-verbal <i>Test report N°</i> 51031-1
	ANNEXE N° 1		Nombre de feuilles : <i>Number of sheets</i> page : 54

MESURE DU NIVEAU DE BRUIT
(suivant procédure : PEF N° 00-14-02)

Mesure du bruit du transformateur avec réfrigération

Mesure de bruit sur Transformateur 51031 - Régime transformateur + réfrigération

Point n°	1	2	3	4	5	6	7	8
Valeur (dBA)	52,9	52,8	53,9	55,3	58,0	58,1	59,4	60,4
Point n°	9	10	11	12	13	14	15	16
Valeur (dBA)	58,4	58,4	57,2	55,7	53,7	53,6	54,2	52,2
Point n°	17	18	19	20	21	22	23	24
Valeur (dBA)	51,0	52,1	52,5	52,5	55,1	54,8	51,7	51,7
Point n°	25	26	27	28	moyenne			
Valeur (dBA)	52,0	52,1	51,2	53,0	55,4			


Fréquence (Hz)	25	32	40	50	63	80	100	125
Bruit (dB)	57,5	56,1	64,7	59,4	56,8	55,6	55,7	52,1
Fréquence (Hz)	160	200	250	315	400	500	630	800
Bruit (dB)	52,4	49,7	50,1	53,0	45,6	46,0	49,4	44,6
Fréquence (Hz)	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
Bruit (dB)	44,4	45,7	43,1	43,6	40,6	37,6	33,4	27,8
Fréquence (Hz)	6300	8000	10000	12500	16000	20000	A/L	Moy(dB A)
Bruit (dB)	25,9	25,1	24,4	25,0	23,8	25,0	84,8	55,4

Calcul Puissance pour parcours à 2m
 Hauteur du transformateur: 2,27 mètres périmètre du transformateur: 15,25 mètres
 espace point : 0,99; 28 points mesurés

Transformateur en Service à vide sous sa tension assignée avec son groupe aérofrigorant en service
 Les mesures de 1 à 28 sont réalisées à : 1/2 de la hauteur

Calcul du niveau de la puissance acoustique du transformateur + réfrigération

$L_{pao} = 55,4 \text{ dB(A)}$	correction local: K2A	PF2
$L_m = 27,82 \text{ mètres}$		
$H = 2,27 \text{ mètres}$		$A = 0,16 \sqrt{V/Tr} = 0,16 \sqrt{28460/2,8}$
$S = (H + 2) \cdot L_m = 118,78 \text{ m}^2$		$K2A = 10 \log (1 + 4S/A) = 1,1$
$L_{wa} = 55,4 + 20,8 = 76,2 \text{ dB(A)}$		$L_{wa} \text{ corrigé} = 76,2 - 1,1 = 75,1 \text{ dB(A)}$

Service Department Laboratoire d'Essais Finaux Nom Name JG. ALLOIN Fonction Function Titulaire d'Essais	Date 05/11/15 Visa 	Visa client : Customer signature
---	---	-------------------------------------

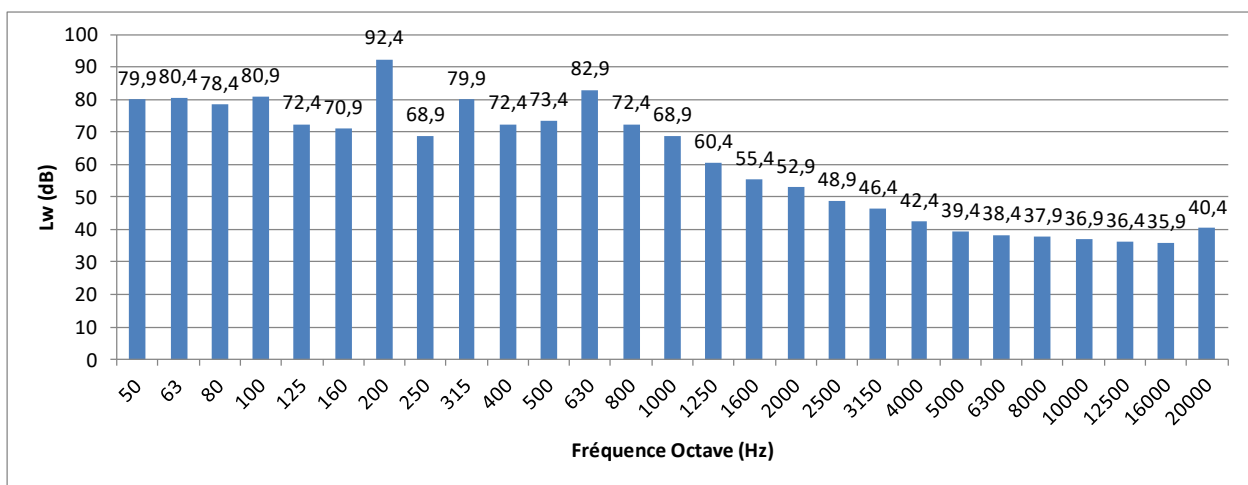
AQR 029 / F

ANNEXE 6 : Puissance acoustique de la partie active du TR :

Enedis prend en compte de la partie active du TR dont la puissance acoustique n'excède pas 86 dB(A) ($L_w < 86 \text{ dB(A)}$).


En revanche, nous ne connaissons pas la répartition spectrale de cette puissance acoustique.

Le spectre de puissance acoustique suivant a été obtenu depuis un spectre de réfrigération JST dont les niveaux ont été ajustés afin de correspondre à un niveau global de 86 dB(A) :



Spectre de puissance acoustique du transformateur seul

Spectre du transformateur JST de référence pour l'ajustement du spectre à 86 dB(A).

 surveillance QUALITÉ	PROCÈS-VERBAL de contrôle ou d'essais TEST REPORT		N° du Procès-verbal Test report N° 51031-1
	ANNEXE N° 1		Nombre de feuilles : Number of sheets page : 53

MESURE DU NIVEAU DE BRUIT
(suivant procédure : PEF N° 00-14-02)

Mesure du bruit du transformateur seul

transformateur alimenté à vide sous sa tension assignée

Mesure de bruit sur Transformateur 51031 - Régime Transformateur seul

Point n°	1	2	3	4	5	6	7	8	
Valeur (dBA)	53,0	49,5	47,3	50,4	48,6	48,7	50,2	48,4	
Point n°	9	10	11	12	13	14	15	16	
Valeur (dBA)	52,1	50,0	52,6	51,5	57,5	54,6	57,0	56,0	
Point n°	17	18	moyenne						
Valeur (dBA)	50,6	49,7	52,6						

Fréquence (Hz)	25	32	40	50	63	80	100	125
Bruit (dB)	54,8	51,8	51,3	52,3	49,8	48,6	55,7	45,4
Fréquence (Hz)	160	200	250	315	400	500	630	800
Bruit (dB)	40,7	50,9	40,0	51,6	45,9	42,1	51,8	41,4
Fréquence (Hz)	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
Bruit (dB)	34,1	28,0	26,8	26,6	25,0	21,3	17,5	16,3
Fréquence (Hz)	6300	8000	10000	12500	16000	20000 A/L	Moy(dB A)	
Bruit (dB)	16,7	17,9	19,2	21,7	21,5	21,1	64,4	52,6

Calcul Puissance pour parcours à 30cm

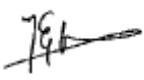
Hauteur du transformateur: 2,27 mètres périmètre du transformateur: 15,25 mètres
espace point : 0,85; 18 points mesurés

Transformateur seul en Service à vide sous sa tension assignée
Les mesures de 1 à 18 sont réalisées à : 1/2 de la hauteur

Calcul du niveau de la puissance acoustique du transformateur seul

$L_{pao} = 52,6 \text{ dB(A)}$ $L_m = 17,13 \text{ mètres}$ $H = 2,27 \text{ mètres}$ $S = 1,25 \cdot H \cdot L_m = 48,62 \text{ m}^2$ $L_{wa} = 52,6 + 16,9 = 69,5 \text{ dB(A)}$	correction local: K2A PF2 $A = 0,16 \cdot V / Tr = 0,16 \cdot 28480 / 2,6$ $K2A = 10 \log (1 + 4S/A) = 0,5$ $L_{wa} \text{ corrigé} = 69,5 - 0,5 = 69,0 \text{ dB(A)}$
--	---

garantie : $L_{wa} : 75 \text{ dB(A)}$ transformateur seul

Service Department Nom Name Fonction Function	Laboratoire d'Essais Finals JG. ALLOIN Titulaire d'Essais	Date 05/11/15 Visa 	Visa client : Customer signature
--	---	---	-------------------------------------

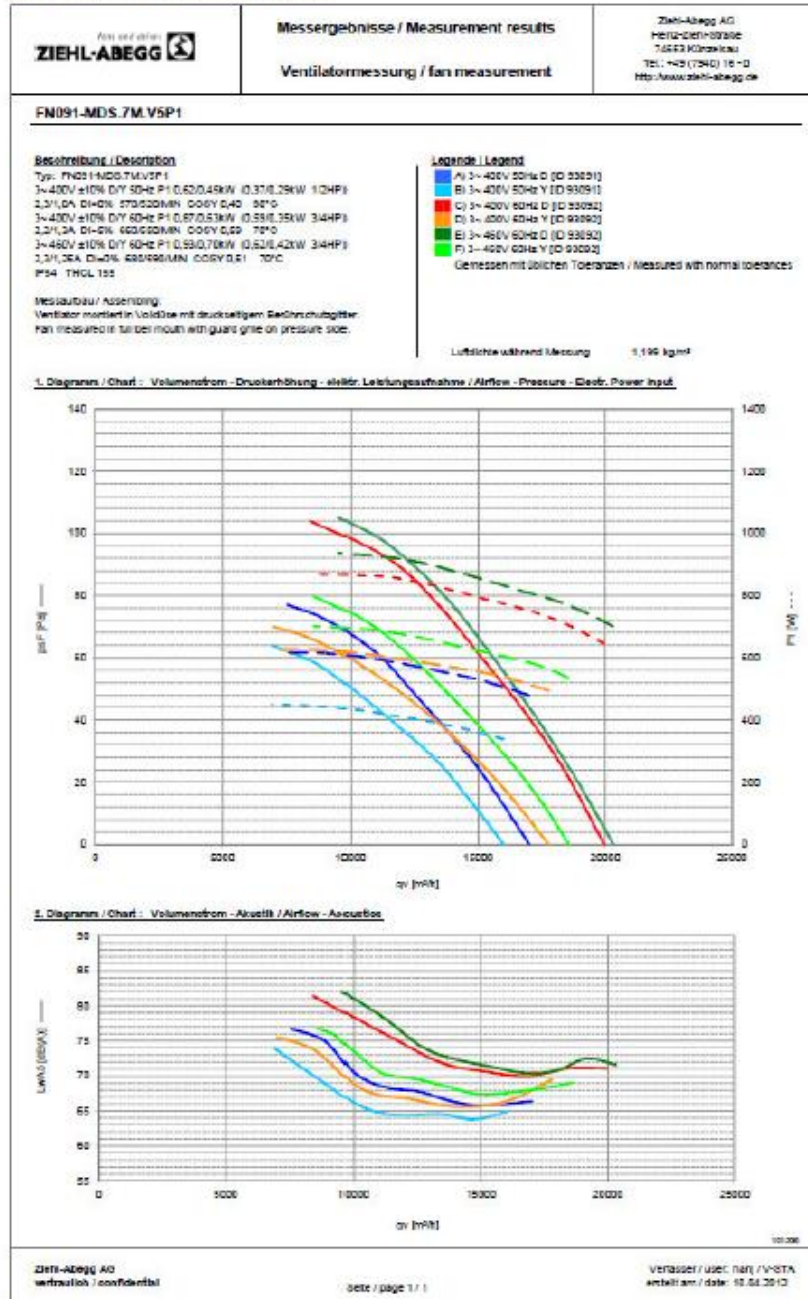
AQR 029 / F

ANNEXE 7 : Fiches techniques transformateur

Numéro d'article
170574

The Royal League
Die Königsklasse

2. Courbe caractéristique



www.ziehl-abegg.com
18/07/2017 17:00:52

Movement by Perfection | Bewegung durch Perfektion

4 | 8

© ZIEHL-ABEGG SE

TPL_PO_Datenblatt-V5-10

Release Date: 08.02.2013

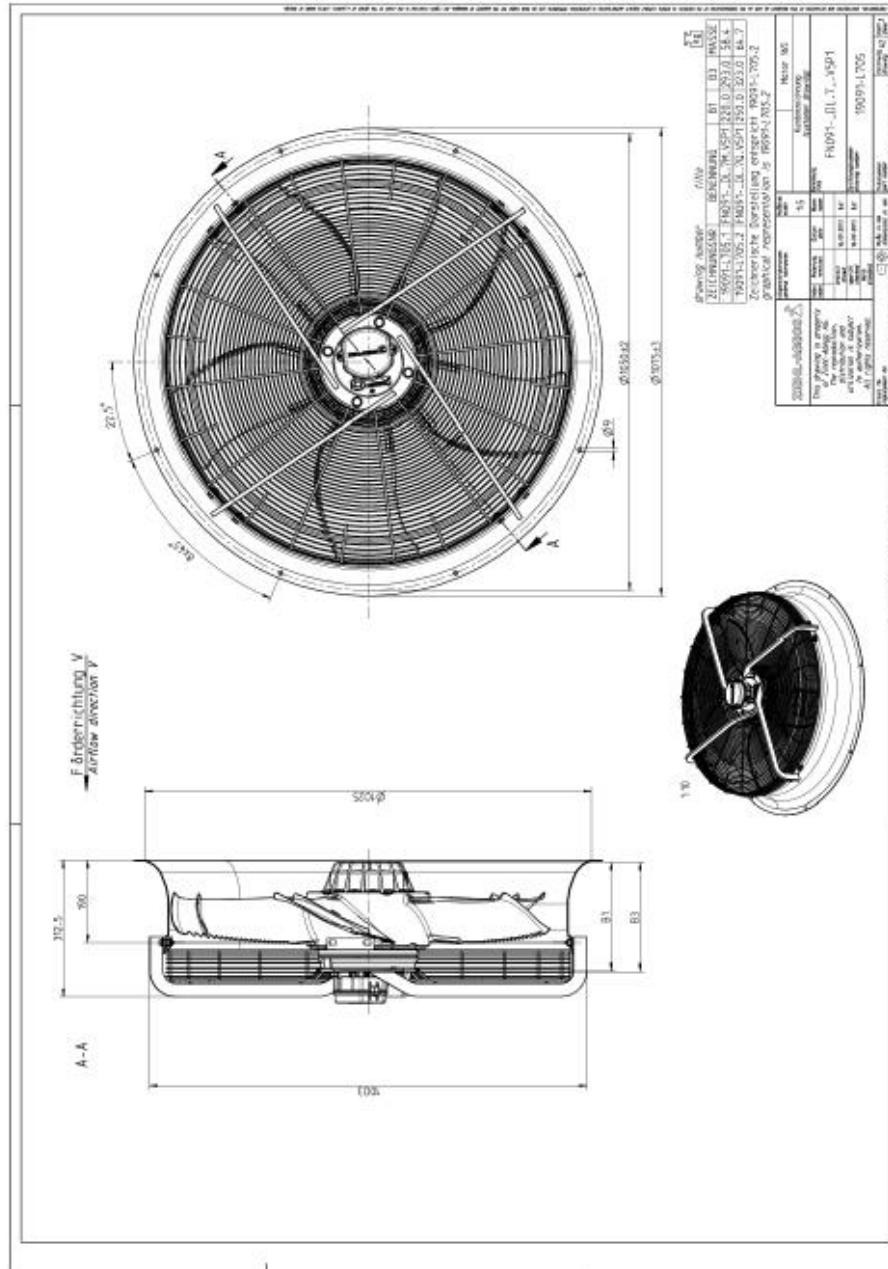
Technical changes reserved

All rights reserved. Confidential and proprietary document, not to be disclosed or used except in accordance with applicable agreements. No disclosure to third parties, if not expressly agreed by ZA SE.

Numéro d'article
170574

The Royal League Die Königsklasse

3. Dessin



Cotes en mm

L'illustration ne montre que les cotes extérieures du ventilateur.

www.ziehl-abegg.com
18/07/2017 17:00:52

Movement by Perfection | Bewegung durch Perfektion

5 | 8


© ZIEHL-ABEGG SE


TPL_PG_Datenblatt-V6-10

Release Date: 08.02.2013

Technical changes reserved

All rights reserved. Confidential and proprietary document, not to be disclosed or used except in accordance with applicable agreements. No disclosure to third parties, if not expressly agreed by ZA SE.

		Aéroréfrigérant 36MVA Cooler		10 61 051 - C
				page 1
N° DJST : 2847		Sulvant / According to : TR 10003		
Fournisseur / Supplier : GEA		Essais sulvant / Tests according to : TR 10003 annexe A		
Type d'aéroréfrigérant / cooler type : -		Conception des motoventilateurs sulvant Règlement (UE) / Fan designed according to : N° 327/201		
Modèle d'aéroréfrigérant / cooler model : -		Traitement de surface / Surface treatment : ISO 12 944		
Plan fournisseur / Plan of supplier : 1061050DOC		Joints en accord avec / Gasket according to : TR 10 082		
Notice de montage / Mounting Instructions : -				
Description	JST	Unité / Unit	Fournisseur / Supplier	Commentaires / Comments
PERFORMANCES				
Puissance totale à dissiper par aéroréfrigérant / Total power to evacuate per cooler	200	kW	200	Fouling Included
Echauffement moyen de l'huile / Average oil heating	43	°K	43	
Température air ambiant de dimensionnement / Ambient air for dimensioning	30	°C	30	
Débit total d'huile par aéro. / Oil flow per cooler	100 28 440	m³/h l/s Gal/min	100	
Puissance acoustique maximum par aéro / Sound power maximum per cooler	≤ 75	dBa	72	Valeur globale (aspiration+refoulement) max sans tolérance. Cf. TR 10003, annexe 2 / Global value (inlet+outlet) max without tolerances. See TR 10003, annexe 2
Type d'huile / Oil type	Nytro Taurus			
Densité huile à 60° / Oil density at 60° p	0,87			
Perte de charge sur huile / Oil pressure drop		mbar m. oil	230	
Vitesse de rotation / Speed		rpm	573	
Débit d'air d'un moto-ventilateur / Air Flow per fan		m³/s	3,97	
CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES / ELECTRICAL CHARACTERISTICS				
Tension d'alimentation / Power supply voltage	400	V		
Fréquence / Frequency	50	Hz		
Couplage / coupling			3,5-400	
Nombre de pôles / Number of poles			8	
puissance installée		kW	1,2	Ensemble aéroréfrigérant / all air cooler
consommation électrique par ventilateur		kW	544	< 600W if 2 fans, < 400W if 3 fans
Rendement / Efficiency		%	to supply	ERP 2015
Intensité de démarrage / Starting current		A	to supply	par GMV / per fan
Intensité nominale (Un) / Rated current		A	2,3	par GMV / per fan
CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES / ENVIRONMENTAL CONSTRAINTS				
Humidité relative / relative humidity	≤ 90	%		
Air ambiant / Ambient air	T°C Moy	30	°C	
		86	°F	
	T°C Min	-25	°C	
		-13	°F	
	T°C Max	40	°C	
		104	°F	
Altitude du site maxi / Site altitude max	≤ 1000	m	990	
Normes / degrés de protection des moteurs / Standards / degrees of motors protection	IEC/IP55		IP 55	
Milieu ambiant / Ambient environment	Tempéré/Temperate			
DIVERS / MISCELLANEOUS				
Instructions / Instruction book :	Français / French			
PV d'essai / Test report :	à fournir / to supply			
Rechange / Spare :	-			

		Aéroréfrigérant Cooler		10 61 051 - C	
				page 2	

Description	JST	Unité / Unit	Fournisseur / Supplier	Commentaires / Comments
TRAITEMENT DE SURFACE / SURFACE TREATMENT				
Visserie / Bolts	Inox A4 SS 316			
Traitement de la carcasse / Treatment of the casing	C5H Hte durabilité - high durability			Voir fiche peinture RAL 7035 (satin) / See on painting specification
Matière des tubes / Tubes material			CUIVRE	
Matière des ailettes / Fins material			ALUMG	
Revêtement fauxceau / Fins and tubes protection			POLUAL	
GEOMETRIE ET OPTIONS / GEOMETRY AND OPTIONS				
Ventilateurs / Fans	Quantité / Quantity		2	
	Nb de pâles / Blade qty		to supply	
	Angle de calage / Blade pitch		deg	to supply
	Type			FN091
Moteurs / Motors	Isolé / Insulated :	Oui / Yes		
	Protection :	IP 55		
Boîte à borne / Terminal box	Isolée / Insulated :	Oui / Yes		
	Protection :	IP 55		IP55
Presse étoupe / Cable gland	taraudage / thread	M25 x 1,5		
	fourni :	Oui / Yes		
	matière :	Inox		
Filtres / Filters	A fournir :	Oui / Yes		
	maille / mesh :			Sulvant TR 10003 / According to TR 10003
	Glissière / Slide :			
	Montage / Mounting :			
Nbre de passage d'huile dans le fauxceau / Number of oil passage			1	
Tubes du fauxceau / Core tubes	Nbr de rangées / Qty of rows		3	
	Nbr de tubes par rang / Qty of tubes per row		45	
	Disposition / Arrangement		Quinconce	(Aligné;Quinconce / Aligned;staggered)
	Ø Ext. / Ext. Ø	mm	12,5	
	Epaisseur / Thickness	mm	0,5	
Ailettes / Fins	Type / Type		rectangulaire	circulaire;rectangulaire / circular;rectangular
	Surface externe d'échange / External exchange area	m²		
	Epaisseur / Thickness	mm	0,15	
	Pas / Distance	mm	2,5	
	Dimension / Dimension	mm	1440x112	diameter if circular fins / width and length if rectangular fins
Bride aspiration / Inlet flange	diamètre / diameter	100	DN 100	Your standard
	pression / pressure groove	10 sans / without	PN	sulvant EN 1092 / according EN 1092
	diamètre / diameter	125	DN 125	Your standard
Bride refoulement / Outlet flange	pression / pressure groove	10 sans / without	PN	sulvant EN 1092 / according EN 1092
	Position de montage / Mounting position		HORIZONTAL	cf / acc to : TR10003 annexe 5
	Distance dégagée à l'arrière / Free distance at the rear of air cooler		600	mm
Surface d'échange (L x l) / Exchange surface (L x w)		mm	3250 x 1445	
Masse à vide par aéro / Empty weight		Kg	800,0	
Volume d'huile / Oil volume :		L	80,0	maxi estimé
Plaque signalétique / Nameplate :	Langue / Language :	Français / French		
	Matère / Material :	Aluminium		
C	10/06/2016	MAJ plan fournisseur		GUTH S. A. JOLY
B	23/12/2015	Rajout plans		GUTH S. A. JOLY
A	14/04/2015	Modification DN bride aspiration		GUTH S. F. DIEN
D	24/03/2015	Fiche technique		FRANCONY Th. GUTH S.
Révis.	Date	Détails de révision / Revision detail		Rédacteur / Writer Vérificateur / Checker

GUTH Ingénierie Mécanique 20/07/2017

	Groupe motopompe Pump unit	10 61 085 - C
		page 1

N° DJST: 2847 Fournisseur / Supplier : EFAFLU Type de pompe / pump type : coudée/elbow Technologie / Technology : centrifuge/centrifugal Modèle de pompe / pump model : TGCL100-200 Plan fournisseur / Plan of supplier : 1061209DOC Notice de montage / Mounting instructions : -	Suivant / According to : TR 10028 Toutes les données sont spécifiées pour l'huile à 60°C / All data are specified for oil at 60°C : 50216-7 Traitement de surface / Surface treatment : ISO 12 944 Joints en accord avec / Gasket according to : TR 10 082 Pour plus d'explications / For more explanation : Annexe 1
--	--

Description	JST	Unité / Unit	Fournisseur / Supplier	Commentaires / Comments
-------------	-----	-----------------	---------------------------	-------------------------

PERFORMANCES

Débit d'huile Q par pompe / Oil flow Q per pump	100	m ³ /h	100	
	28	l/s	28	
	1667	l/mn		
	440	Gal/mn		Voir annexe 1 / See appendix 1
Pompe fournie avec l'échangeur thermique / Pump supplied with heat exchanger	Non / No			
Perte de charge Transfo & tuyauterie / Pressure drop Transfo & piping	0,12	bar		- ΔP _{eto}
	1,4	m.oil		
Perte de charge Echangeur thermique / Pressure drop Heat exchanger	0,28	bar		- ΔP _{ech}
	3,4	m.oil		
Pression nominale de la pompe / Pump delivery head	0,40	bar	0,4	- ΔP _{eto} + ΔP _{ech}
	4,80	m.oil	4,8	
Densité huile à 60° / Oil density at 60° ρ	0,85		0,95	
Vitesse de rotation / Speed		rpm	1450	
Compatibilité thermosiphon (ONAN) / Compatibility thermosiphon (ONAN)	YES/OUI			Compatible with natural oil circulation (when pump is off)
NPSH disponible / NPSH available	1110	mbar		pression absolue / absolute pressure
NPSH requis / NPSH required		mbar	to supply	pression absolue / absolute pressure

CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES / ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Tension d'alimentation / Power supply voltage	400	V	400	
Couplage / connection			to supply	Etoile ou triangle / Star or delta
Puissance active absorbée Pabs / Input active power consumptio	<2,65	kW	2,4	
Intensité nominale (Un) Inom / Rated current		A	6,4	Voir annexe 1 / See appendix 1
Intensité de démarrage / Starting current		A	to supply	Voir annexe 1 / See appendix 1
Cos φ	≥ 0,85		to supply	
Fréquence / Frequency	50	Hz		
Puissance utile à l'arbre Putile / Useful power available at axe-wheel		kW	to supply	
Puissance hydraulique / Hydraulic power Phydrallic		kW	to supply	
Rendement GMP / Pump efficiency	≥ 50	%	to supply	Voir annexe 1 / See appendix 1
Normes, degrés de protection des moteurs / Norms, degrees of protection of motors	IEC/IP55			

CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES / ENVIRONMENTAL CONSTRAINTS

Milieu ambiant / Ambient environment	Tempéré/Temperate		Level IV CEI 60815 par défaut / by default
T°C Moy	20	°C	
	68	°F	
Air ambiant / Ambient air	-25	°C	
	-13	°F	
T°C Max	40	°C	
	104	°F	
Bruit moteur (Puissance) / Noise of motor (Acoustic Power)	<70	dB(A)	to supply

20/07/2017

JST transformateurs	Groupe motopompe Pump unit	10 61 085 - C page 2
----------------------------	-------------------------------	--------------------------------

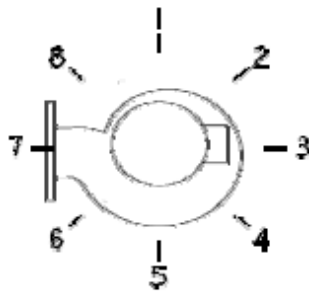
Description	JST	Unité / Unit	Fournisseur / Supplier	Commentaires / Comments
-------------	-----	-----------------	---------------------------	-------------------------

TRAITEMENT DE SURFACES / SURFACES TREATMENT

Visserie / Bolts	Inox A2			
Matière du corps / Pump casing material		to supply		If Iron cast, only GS (no GL)
Protection peinture / Coating treatment	CSI/Haute durabilité - high durability			
Couleur peinture / Coating color	RAL7035			satin finish

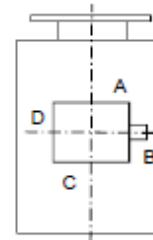
CONTRAINTES GEOMETRIQUES / GEOMETRIC CONSTRAINTS

Plaque signalétique / Nameplate	langue / language matière / material	Français / French Aluminium or Inox		
Masse / Weight		Kg	130	
Détecteur d'usure / Techsonics		NON - NO		
IP boîte à borne / Connection box IP		IP 55		
Presse-étoupe / Cable gland	taroudage / thread fourni / supplied	M25x1,5 oui / yes		
Bride aspiration / Inlet flange	diamètre / diameter pression / pressure gorge / groove	100 10 sans / without	DN PN	sulvant EN 1092 / according EN 1092
Bride refoulement / Outlet flange	diamètre / diameter pression / pressure gorge / groove	100 10 sans / without	DN PN	sulvant EN 1092 / according EN 1092
Position de montage / Mounting position		horizontal		EYEBOLT for handling
Nbre de Purges / Number of Air vents		2	2	Si montage horizontal: purge en haut du corps / If horizontal mounting: air vent on top of case
Orientation boîte à bornes / Cable box orientation		3		
Orientation bride de refoulement / Delivery flange orientation		7		Uniquement pour les pompes radiale / Only for radial pump
Orientation presse étoupe / Cable gland orientation		B		The cable gland should be oriented toward ground direction.



Vue coté opposé à la bride d'aspiration. En cas de montage horizontal, la position 5 est la direction du sol.
/ View side opposite to suction flange. In case of horizontally mounting, position 5 is the ground direction.

Bride d'aspiration / suction flange



Vue coté boîte à borne
/ View from terminal box

DIVERS / MISCELLANEOUS

Rechange / Spare	-
------------------	---

C	23/12/2015	Rajout plans	S. GUTH	A. JOLY
B	05/10/2015	Mise à jour FT	S. GUTH	A. JOLY
A	13/04/2015	Mise à jour FT (T*, DN, PN)	S. GUTH	A. JOLY
0	02/03/2015	Création fiche technique	S. GUTH	T. FRANCONY
Revis.	Date	Détails de révision / Revision detail	Rédacteur / Writer	Vérificateur / Checker

20/07/2017



ANNEXE 8 : Filtre G4



MMF

Filtre métallique efficacité G1/G2

FILTRATION



Filtration d'air chargé en graisse ou filtration en environnement industriel.

Construction :

- ✓ Cadre acier galvanisé
- ✓ Média filtrant tricot métallique aluminium multicouches
- ✓ Grille de protection acier galvanisé amont et aval

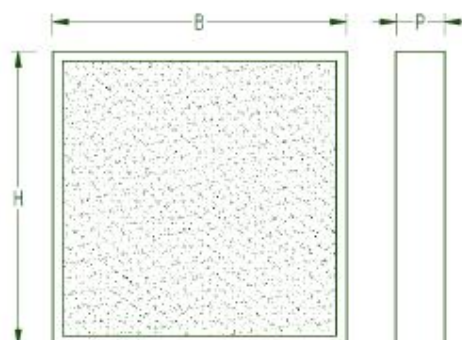
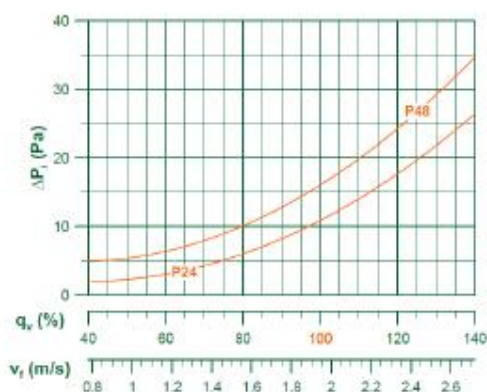
Utilisation :

- ✓ Efficacité de filtration G1 (épaisseur 24 mm) / G2 (épaisseur 48 mm) suivant EN 779
- ✓ Débit nominal de 1400 à 2500 m³/h
- ✓ Perte de charge finale recommandée 150 Pa
- ✓ Température maximum 200°C en continu
- ✓ Humidité relative 100 %

B x H x P (mm)	qv (m ³ /h)	qv (m ³ /s)	ΔPi (Pa)	Sf (m ²)	M (kg)
400x500x24	1400	0,39	10	0,19	1,0
400x625x24	1750	0,49	10	0,24	1,1
500x500x24	1750	0,49	10	0,24	1,1
500x625x24	2200	0,61	10	0,30	1,4
287x592x24	1200	0,33	10	0,17	1,0
490x592x24	2050	0,57	10	0,28	1,3
592x592x24	2500	0,69	10	0,34	1,5
400x500x48	1400	0,39	15	0,19	1,4
400x625x48	1750	0,49	15	0,24	1,7
500x500x48	1750	0,49	15	0,24	1,7
500x625x48	2200	0,61	15	0,30	1,9
287x592x48	1200	0,33	15	0,17	1,4
490x592x48	2050	0,57	15	0,28	1,9
592x592x48	2500	0,69	15	0,34	2,3

qv = débit nominal - ΔPi = perte de charge initiale à qv

Sf = surface filtrante - M = poids



Vita

VITA SAS - 38 Chemin du Calice, 01120 Montluel
Tél. +33 (0)4 78 55 00 20 - Fax +33 (0)4 78 55 54 78
www.vita-sas.fr - contact@vita-sas.fr

Page 1/1

OTA