

**ATEA-Environnement**

Parc d'activités de Tournebride
28, Rue de la Guillauderie
F 44118 La Chevrolière
Tél. 02 40 46 17 57
Fax 02 40 46 01 06
E-mail : contact@atea-env.fr

Régis BERTHELIER

Responsable de projets
Bureau Régional Ingénierie Postes Sources

Direction Régionale Sillon Rhodanien
7 Rue Marcel Paul 03100 Montluçon
04 70 03 55 75 - 06 50 19 26 04
regis.berthelier@enedis.fr

POSTE SOURCE DE MASSIAC

MESURES ACOUSTIQUES

Caractérisation de l'état actuel et calculs prévisionnels de l'état futur

Date	Rédigé par	Vérifié par	Nbre pages	Révision	Descriptif révision
04 septembre 2024	T.COUDRIEU	T. COUDRIEU	31	RevA	Indice de lancement
23 juillet 2025	T.COUDRIEU	T. COUDRIEU	31	RevB	Modification conclusions

SOMMAIRE

1	OBJET.....	2
2	DESCRIPTIF DU POSTE ACTUEL.....	3
3	DOCUMENTS DE REFERENCE.....	4
3.1	Texte règlementaire (Synthèse)	4
3.2	Descriptif de la méthode	4
3.3	Méthodologie d'extraction du bruit résiduel	4
3.4	Méthodologie de calcul du bruit ambiant et de l'émergence dans les habitations .	4
4	CONDITIONS DE MESURES	5
4.1	Date	5
4.2	Conditions météorologiques.....	5
4.3	Instrumentation	6
4.4	Normes de mesure appliquées	6
4.5	Conditions de fonctionnement.....	6
4.6	Opérateur.....	6
5	DESCRIPTIF DES MESURES	7
5.1	Types de mesures.....	7
5.2	Grandeurs acoustiques utilisées	8
5.3	Mesures à l'intérieur du poste	9
5.4	Mesures en zones habitées	10
6	RESULTATS DE MESURES	12
6.1	Mesures dans le poste	12
6.2	Caractérisation des sources sonores	13
6.2.1	TR311	14
6.3	Mesures dans l'environnement	15
6.4	Calcul du bruit résiduel.....	16
7	SIMULATION ACOUSTIQUE	18
7.1	Présentation des calculs	18
7.2	Cas de calculs.....	19
7.3	Puissance acoustique des sources de bruit	19
7.4	Resultats des calculs	20
7.4.1	CAS 1 : Etat actuel du poste électrique.....	20
7.4.2	CAS 2 : Mutation du TR311 par un modèle ODAF 36MVA.....	21
7.4.3	CAS 3 : Mutation du TR311 et ajout du TR313 ONAN 36MVA	22
7.5	Tableaux de synthèse	23
8	CONCLUSIONS	24

1 OBJET

L'objet de ce rapport est de quantifier les niveaux sonores engendrés dans le voisinage par le fonctionnement du poste électrique de Massiac dans sa configuration actuelle et future.

Les mesures réalisées servent à vérifier la conformité du poste avant travaux et à prévoir l'impact acoustique du futur projet.

Ce projet consiste dans un premier temps en la mutation du transformateur TR311 par un modèle ODAF 36MVA. Dans un second temps, un TR313 ONAN 36MVA sera implanté. Les deux projets futurs seront étudiés.

L'adresse du poste est la suivante :

**Poste source de MASSIAC
« Départementale 21 »
15500 MASSIAC**

2 DESCRIPTIF DU POSTE ACTUEL

Implanté à l'Ouest de la ville de Massiac, le poste est clôturé par du grillage. Actuellement le poste comporte un seul transformateur et les habitations les plus proches sont situées à une grande distance poste (~900m).

ID.	Rapport de transformation	Puissance	Réfrigération	Dispositif de protection
TR311	63/20 kV	20	ODAF	Deux murs latéraux



3 DOCUMENTS DE REFERENCE

3.1 Texte réglementaire (Synthèse)

Réglementation du 27 janvier 2007

La réglementation en vigueur est l'arrêté du 26 janvier 2007 applicable aux postes de transformation et aux réseaux de distribution d'énergie électrique, il modifie la réglementation sur le bruit de voisinage et précise les points suivants :

- *Les mesures doivent être faites à l'intérieur des habitations dans les pièces principales.*
- *L'installation est considérée comme conforme si le bruit ambiant comportant le bruit particulier provenant de l'installation électrique est inférieur à 30dBA.*
- *L'installation est considérée comme conforme si le bruit ambiant comportant le bruit particulier provenant de l'installation électrique respecte un critère d'émergence globale de 5 dBA en période de Jour et 3 dBA en période de Nuit.*
- *Un terme correctif dépendant de la durée cumulée d'apparition du bruit peut être appliqué à l'émergence acceptable.*

3.2 Descriptif de la méthode

La procédure utilisée pour caractériser le bruit d'un poste afin de calculer son impact est détaillée en ANNEXE 2. Elle est basée sur la détermination la plus précise possible de l'un ou l'autre des critères imposés par l'arrêté c'est-à-dire le bruit ambiant < 30 dBA (critère 1) ou l'émergence < 5 dBA le jour et 3 dBA la nuit (critère 2). Dans le cas d'une plainte nous appliquons de manière rigoureuse la réglementation en réalisant un point de mesure à l'intérieur de l'habitation de celui-ci. Comme il n'est pas possible de faire cette opération dans toutes les habitations entourant le poste nous effectuerons des mesures en deux points extérieurs proches des habitations, la cartographie des niveaux acoustiques dans toute la zone sera réalisée par calcul et après calage du calcul dans la configuration actuelle nous pourrons en déduire le bruit particulier en façade des habitations pour calculer le bruit ambiant et l'émergence.

3.3 Méthodologie d'extraction du bruit résiduel

Si le critère 1 n'est pas vérifié, il faut déterminer l'émergence acoustique due au poste. Pour cela, il faut connaître le bruit ambiant qui comporte l'addition du bruit du poste, appelé bruit particulier, et du bruit résiduel. Il faut donc de manière idéale réaliser deux mesures, une première poste en service et une seconde poste à l'arrêt, l'émergence est alors directement obtenue par la différence entre ces deux valeurs. La difficulté sur le terrain provient du fait que l'arrêt du poste n'est pas acceptable, il faut donc déterminer le bruit résiduel de manière fiable d'une autre façon, pour cela, nous avons fait l'inventaire des différentes techniques à notre disposition, celles-ci sont décrites en ANNEXE 3. Elles ne sont pas exhaustives et sont choisies par l'opérateur lors de la mesure en fonction de l'environnement. Elles peuvent être éventuellement mixées ou cumulées pour diminuer l'incertitude sur la valeur de l'émergence.

3.4 Méthodologie de calcul du bruit ambiant et de l'émergence dans les habitations

A partir des mesures réalisées en bordure des zones habitées, nous appliquons la méthode décrite en ANNEXE 2.C pour vérifier les critères acoustiques dans les habitations existantes et futures.

En résumé pour le site de « Massiac » nous appliquerons une atténuation de 3dBA entre le bruit à la façade et le bruit à l'intérieur de l'habitation pour le bruit résiduel et le bruit ambiant avec fenêtres ouvertes. Il faut noter que cette correction a une incidence sur le bruit ambiant seul car elle est neutre sur l'émergence. Si le bruit ambiant extérieur est supérieur à 33dBA, le critère d'émergence s'appliquera.

4 CONDITIONS DE MESURES

4.1 Date

Le 23 juillet 2024.

4.2 Conditions météorologiques

Le tableau horaire des conditions météo :

Période	Température	Vent		Ciel
		Vitesse en km/h	Secteur	
Jour	22	8	NORD-OUEST	Dégagé
Nuit	17	4	NORD-OUEST	Dégagé

Les tableaux récapitulatifs des données météorologiques sont disponibles en ANNEXE 6

U1 : vent fort (5 m/s) contraire au sens source-récepteur,

U2 : vent moyen à faible (1 m/s à 5 m/s) contraire **ou** vent fort, peu contraire,

U3 : vent nul **ou** vent quelconque de travers,

U4 : vent moyen à faible portant ou vent fort peu portant,

U5 : vent fort portant.

T1 : Jour **et** fort ensoleillement **et** surface sèche **et** peu de vent,

T2 : mêmes conditions que T1 mais au moins une est non vérifiée,

T3 : lever du soleil **ou** coucher du soleil **ou** temps couvert et venteux **et** surface pas trop humide

T4 : Nuit **et** (nuageux **ou** vent)

T5 : Nuit **et** ciel dégagé **et** vent faible

	U1	U2	U3	U4	U5
T1		--	-	-	
T2	--	-	-	Z	+
T3	-	-	Z	+	+
T4	-	Z	+	+	++
T5		+	+	++	

-- Conduisant à une atténuation très forte du niveau sonore

- Conduisant à une atténuation forte du niveau sonore

Z Effets météorologiques nuls ou négligeables

+ Conduisant à un renforcement faible du niveau sonore

++ Conduisant à un renforcement moyen du niveau sonore

POINT	Période de jour	
A	U3-T1 : -	Conduisant à une atténuation forte du niveau sonore

POINT	Période de nuit	
A	U3-T5 : +	Conduisant à un renforcement faible du niveau sonore

4.3 Instrumentation

Le matériel utilisé a été le suivant :

- ✓ Sonomètre B&K type 2255, n° 100073, microphone B&K 4966, n°3236844, appareil classe 1 – Sono5
- ✓ Boule anti-vent Ø 90 mm sur chaque sonomètre
- ✓ Pied stabilisé de hauteur 1,5 m pour chaque sonomètre

Une calibration est effectuée avant et après la mesure, celle-ci était dans tous les cas inférieure à 0.1dB à 1000Hz. Les mesures sont transférées sur un PC puis exploitées à l'aide de logiciels spécifiques (Enviro Noise Partner).

4.4 Normes de mesure appliquées

Les normes utilisées sont NFS 30-009, NFS 31-010, NFS 31-110, ISO 9613-2.0

4.5 Conditions de fonctionnement

-Si le poste fonctionne dans des conditions nominales c'est-à-dire avec une charge comprise entre 25 et 85%, l'évolution du bruit dans cette plage de charge est inférieure à 1dB et n'est pas significative. Nous vérifions donc systématiquement lors de la mesure que la charge des transformateurs se situe dans cette plage. Si la charge des transformateurs est en dehors de cette plage, nous pouvons être amenés à pondérer les résultats obtenus, il faut savoir alors si cette condition est exceptionnelle ou habituelle.

-Si des ventilateurs ne sont pas en service lors de la mesure, une correction est aussi apportée lors de la simulation. Elle est calculée via la formule $Lw_{nv} = Lw_{vm} + 10 \log(nv/vm)$, ou vm est le nombre de ventilateurs en service lors de la mesure et nv le nombre de ventilateurs du transformateur.

4.6 Opérateur

Thomas Coudrieau.

5 DESCRIPTIF DES MESURES

5.1 Types de mesures

Nous enregistrons de manière systématique toutes les valeurs suivantes, elles sont utilisées pour incrémenter notre base de données, pour déterminer les critères de bruit ambiant et d'émergence ou pour déterminer les solutions de traitement les plus efficaces.

Mesures réalisées	Type	Durée approximative	Position	Commentaires
1	LAeq courts 1s	60 s.	Dans le poste	En niveau global ou par fréquence (100, 200,...Hz)
2	Spectre 1/3 octaves moyen	60 s.	Dans le poste	Calcul de puissance par fréquence et détermination insonorisation
3	Enregistrement temporel/spectres bandes fines	De 60 s. à 10 mn	Dans le poste Zones habitées	Mesures très importantes pour déterminer la signature du poste à distance
4	LAeq courts 1s	30 mn	Zones habitées	Dans certains cas, cette durée peut être réduite ou augmentée
5	multi spectres 1/3 d'octaves	30 mn	Zones habitées	Recalcul possible des spectres moyens sur des périodes particulières
6	LAeq courts 1s	Sur trajectoire définie	dans le poste ou en limite de propriété	Permet le calcul de la directivité et de la décroissance

5.2 Grandeurs acoustiques utilisées

L'intégration de la pression acoustique dans toute la gamme de fréquences audible donne le niveau global en dB appelé aussi dB linéaire, celui-ci ne représente cependant pas le ressenti par l'oreille humaine qui est plus sensible aux fréquences moyenne (autour de 1000Hz). Nous utilisons donc le **dBA** qui est un niveau global auquel est appliquée une pondération destinée à reproduire la perception du bruit. Ce niveau est utilisé de manière quasi exclusive dans toutes les normes applicables et quel que soit le traitement temporel réalisé. Cette pondération est appliquée de manière systématique quand l'indice A figure dans la représentation du niveau global (LAeq LA50, LA_t...).

Le **LAeq** est le niveau de pression continu équivalent pondéré A, mesuré sur une période d'acquisition T, Il correspond à la « moyenne » du bruit sur cette période. La période de mesures peut être réduite à par exemple 1s, il est alors appelé LAeq court et noté LAeq 1s. Il est utilisé comme échantillon pour les analyses statistiques fractiles LAN.

L'indice fractile LAN correspond au niveau de pression acoustique dépassé pendant N % du temps de mesure. Par exemple le **LA50** est le niveau de bruit pondéré A qui dépassé pendant 50 % du temps. Les indices couramment utilisés sont :

- Le **LA50** qui est comparé au LAeq et souvent choisi car il est indépendant des événements exceptionnels, les valeurs dépassant le niveau choisi sont éliminées quel que soit leur niveau. C'est un indicateur très reproductible et donc de plus en plus souvent choisi.
- Le **LA10** correspond au niveau dépassé pendant 10% du temps, il donne une valeur du bruit « maximal » pendant la période de mesure.
- Le **LA90** correspond au niveau dépassé pendant 90% du temps, il donne une bonne idée du bruit « minimal » pendant la période de mesure.

Note : En cas de bruit stable dans le temps, tous ces indicateurs tendent à se rapprocher du niveau LAeq.

La décomposition fréquentielle du signal peut être réalisée en bandes d'octaves, 1/3 d'octaves et bandes fines. Le choix de l'un ou l'autre de ces spectres est fait en fonction du but recherché. Les bandes fines sont par exemples utiles pour comparer des raies fréquentielles au Hz près et identifier des sources de bruit, les niveaux sont souvent cependant difficiles à appréhender, l'énergie dans une bande de fréquence est mieux représentée par les octaves par exemple.

5.3 Mesures à l'intérieur du poste

Positions des mesures réalisées autour des transformateurs.



Mesures à proximité des sources de bruit

5.4 Mesures en zones habitées

Positions des points de calcul et des mesures réalisées à l'extérieur du poste.



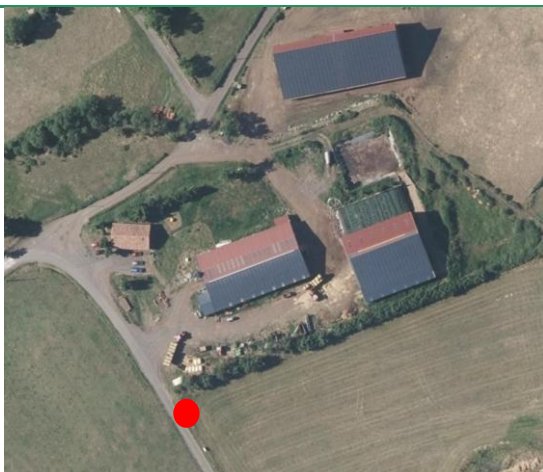
- Emplacement des points de mesure
- Point de calcul par simulation acoustique

POINT A

**« Route de la Scierie »
15500 Auriac l'Eglise**

Date : 23/07/2024

**Distance point/TR : 930 mètres
Hauteur sonomètre : 1,5 mètres**



Sources de bruit perçues période de jour

- Poste électrique : NP
- Traffic routier : +
- Faune (criquet, oiseaux) : + à ++

Sources de bruit perçues période de nuit

- Poste électrique : NP
- Traffic routier : NP à +
- Faune (criquet, oiseaux) : +

(NP) : Non perceptible ; (+) : peu perceptible ; (++) : perceptible ; (+++) : très perceptible

6 RESULTATS DE MESURES

6.1 Mesures dans le poste

Ces mesures sont données à titre indicatif et permettront par la suite de calibrer le modèle numérique et vérifier si l'on retrouve la composition fréquentielle du bruit du poste sur les mesures au niveau des habitations.

Autour des sources :

Point	Position	Distance (m)	LA90 (dBA)
P1	Axe TR311	3	66,5
P2	Pignon gauche TR311	0,5	72
P3	Arrière cuve TR311	1	68,5
P4	Pignon droit TR311	0,5	69,5

Les spectres en 1/3 d'octave des mesures dans le poste sont présentés en ANNEXE 4.

6.2 **Caractérisation des sources sonores**

Ci-après nous caractérisons les valeurs de puissances sonores pour chacune des sources considérées.

Ces valeurs proviennent des mesures faites dans le poste autour des sources le 23 juillet 2024. Pour chaque équipement, nous donnons les valeurs caractéristiques de bruit des sources sonores répertoriées. Ces valeurs sont définies par un niveau de puissance acoustique (LwA). Pour ce type d'équipement, la source identifiée est la cuve du transformateur et les ventilateurs des aéroréfrigérants.

6.2.1 TR311



Partie active										
Freq	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Global
Lp dBLin	70,0	80,1	84,0	73,3	63,3	59,2	50,6	42,4	30,0	85,9
Lw dBLin	80,9	91,1	95,0	84,3	74,3	70,2	61,6	53,4	41,0	96,9
LwA dB	41,9	65,1	79,0	75,3	71,3	70,2	62,6	54,4	40,0	81,5
Partie active et réfrigérants										
Freq	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Global
Lp dBLin	64,4	75,8	76,4	68,7	63,3	61,5	56,6	48,7	40,7	79,8
Lw dBLin	81,9	93,3	94,0	86,3	80,8	79,1	74,1	66,2	58,2	97,4
LwA dB	42,9	67,3	78,0	77,3	77,8	79,1	75,1	67,2	57,2	84,8

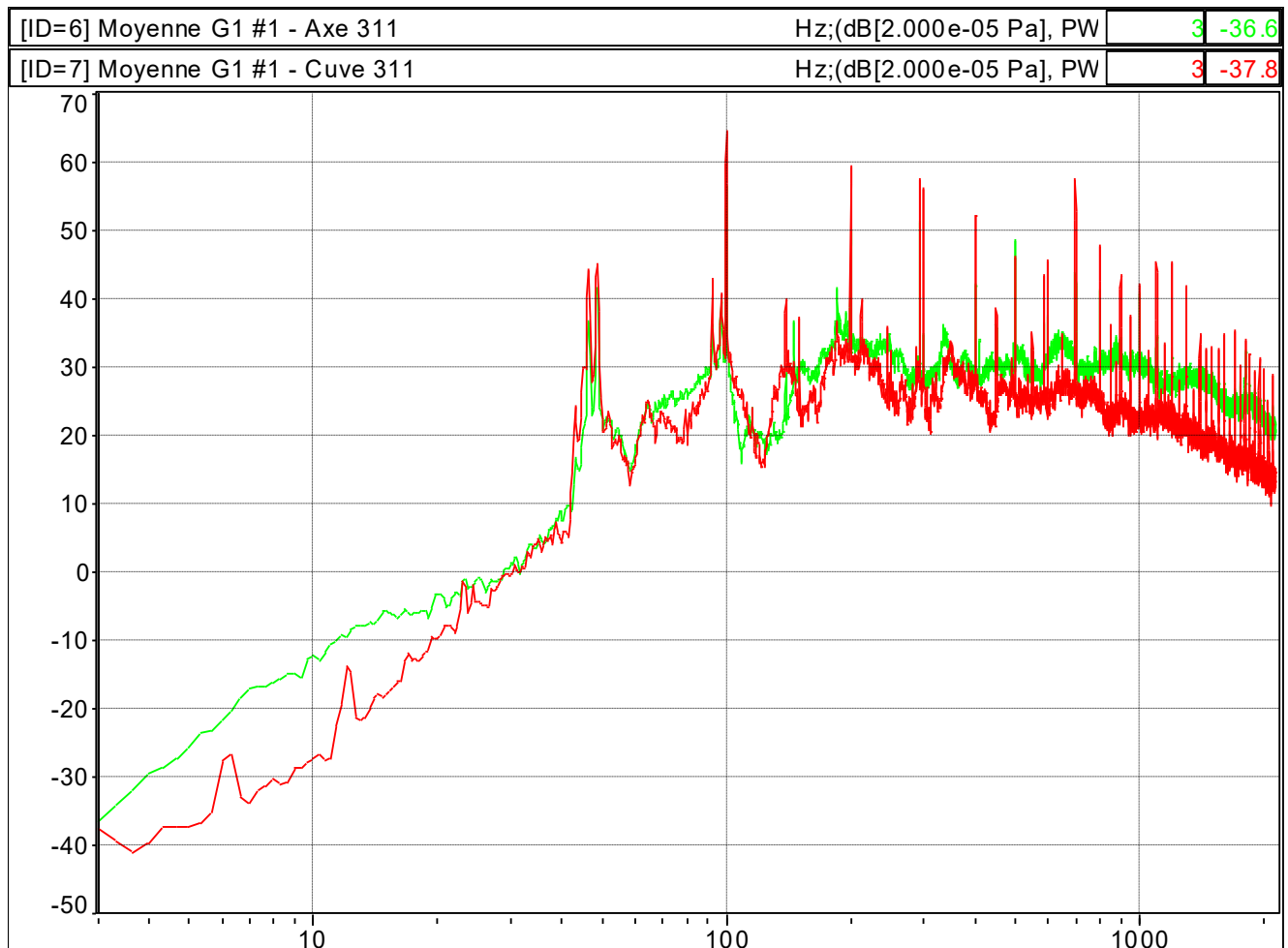
6.3 Mesures dans l'environnement

Les résultats de mesures et les évolutions temporelles au point de mesure sont présentés en **ANNEXE 5**. Nous choisirons l'indicateur LA50, pour caractériser les niveaux sonores pour les périodes de jour et de nuit, cet indicateur permet de minimiser l'influence des sources environnementales non permanentes, comme le passage d'un véhicule sur les voies de circulation à proximité des points de mesures, les effets de petites rafales de vent dans les feuillages ainsi que la faune (Voir §5.2).

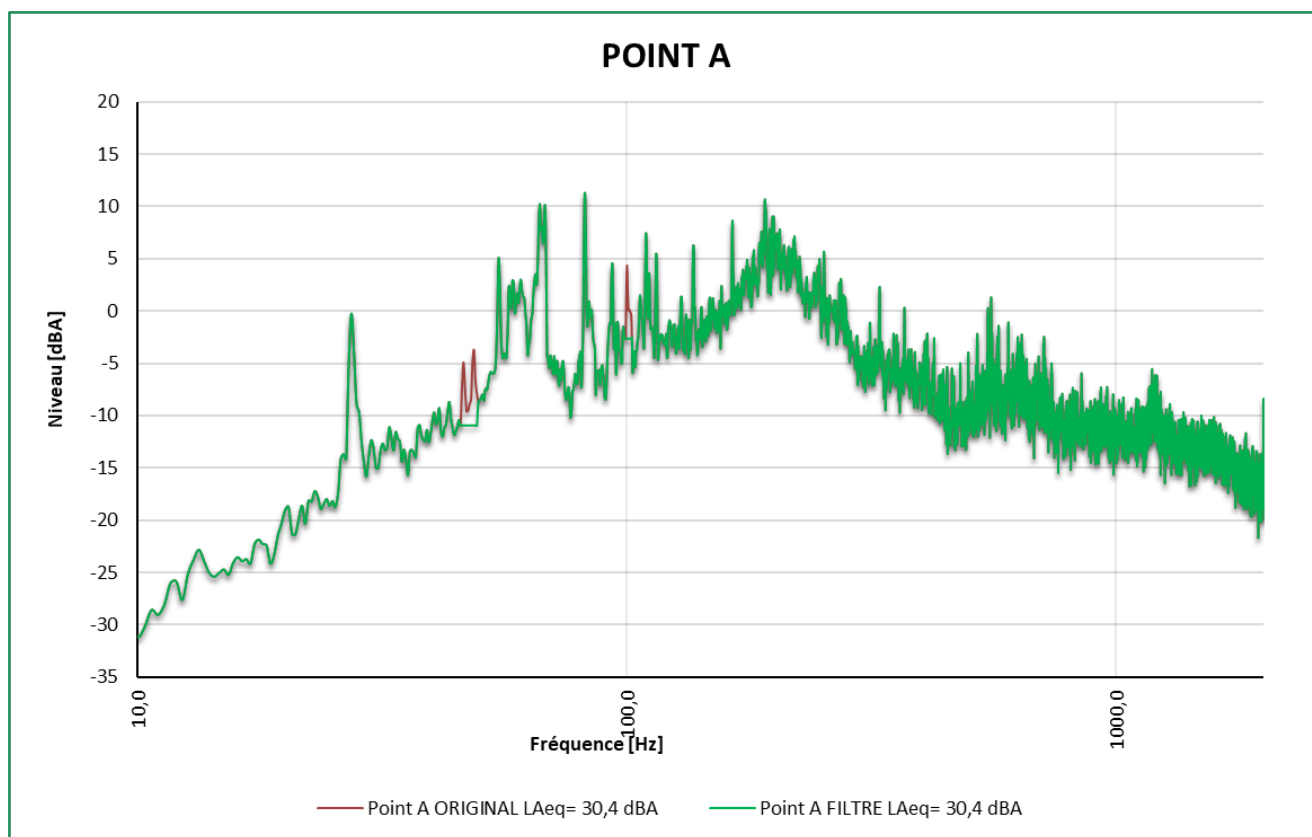
POINT	AMBIANT JOUR		
	LAEQ	LA50	LA90
Point A	46,5	38,5	36,5
POINT	AMBIANT NUIT		
	LAEQ	LA50	LA90
Point A	40,5	32	29

6.4 Calcul du bruit résiduel

L'arrêt du poste n'étant pas envisageable, on se propose d'utiliser la méthodologie d'extraction en bandes fines, en vérifiant la présence de fréquences induites par le poste électrique (méthodologie M5). Le bruit du poste est engendré par les parties actives du transformateur et ses aéroréfrigérants. La fréquence de 100 Hz et les harmoniques sont filtrées pour déterminer le niveau de bruit particulier du poste. Les spectres sont présentés dans les graphiques suivants. Nous utilisons les mesures réalisées durant le période de nuit ou les résiduels sont les plus bas.



Spectres mesurés à proximité du TR311



Bruit particulier au point A : 10 dB(A)

Les spectres précédents permettent de juger de l'impact acoustique du poste au point considéré et d'extraire le niveau de bruit particulier (bruit du poste seul) en filtrant les fréquences émises par les transformateurs et leurs réfrigérants. On peut ainsi, par soustraction (logarithmique) recalculer les niveaux résiduels, bruit qui serait alors mesuré sans le poste.

Période diurne				
Point	Indicateur	Ambiant mesuré	Bruit particulier	Bruit résiduel
A	LA50	38,5	10	38,5
Période nocturne				
Point	Indicateur	Ambiant mesuré	Bruit particulier	Bruit résiduel
A	LA50	32	10	32

Note : Le bruit résiduel calculé en ce point sera considéré identique au niveau des 2 habitations riveraines.

7 SIMULATION ACOUSTIQUE

7.1 Présentation des calculs

Logiciel utilisé	:	CadnaA Version 2024
Sol	:	Modélisé à partir de IGN 1/25000 et photo satellite
Surface modélisée	:	1085 x 735 (m)
Absorption du sol	:	Moyenne (Coefficient moyen 0,5)
Relief	:	Oui
Obstacles	:	Habitations et bâtiments divers
Méthode utilisée	:	ISO 9613-2
Observateurs	:	ponctuels + carte complète avec pas de 1 mètre.
Atténuation atmosphérique	:	suivant 9613-2 pour T=10°C et H=70%
Cartographie	:	Carte isophones par pas de 1dB

-Les calculs sont effectués dans des conditions météorologiques (effet du vent et de la température) favorables à la propagation acoustique dans toutes les directions.

-Un récepteur acoustique est placé sur chaque m² de la façade des habitations, le niveau le plus élevé parmi ces récepteurs sera utilisé pour statuer sur la conformité du poste.

-L'échelle isophones est choisie de telle sorte que toute habitation située à l'extérieur du maillage sera conforme à la réglementation de manière certaine (<27 dB(A)).

-Les niveaux de puissances acoustique du transformateur actuel sont calculés en fonction des mesures faites dans le poste.

-Les niveaux de puissances acoustiques des futurs transformateurs sont définis en fonction des mesures déjà effectuées sur ce type de transformateurs et en fonction des spécifications fournies par ENEDIS.

7.2 Cas de calculs

Cas 1	-Etat actuel du poste
Cas 2	-Mutation du TR311 par un modèle ODAF 36MVA de nouvelle génération
Cas 3	-Mutation du TR311 par un modèle ODAF 36MVA de nouvelle génération -Ajout du TR313 ONAN 36MVA dans une loge trois murs

7.3 Puissance acoustique des sources de bruit

Id.	Type	Partie active Lw (dBA)	Réfrigération Lw (dBA)	Cas
TR311 actuel	63/20kV 20MVA ODAF	82	85	1
TR311 futur	63/20kV 36MVA ODAF	74	74	2 & 3
TR313 futur	63/20kV 36MVA ONAN	75	/	3

7.4 Resultats des calculs

7.4.1 CAS 1 : Etat actuel du poste électrique



CAS 1/ Etat actuel

Hauteurs :

- Bâtiments de commande : 4 m
- Murs pare-feu : 5m
- Habitations/Bâtiments : 3 à 10m



7.4.2 CAS 2 : Mutation du TR311 par un modèle ODAF 36MVA



CAS 2/ Etat futur 1

Hauteurs :

- Bâtiments de commande : 4m
- Murs pare feu : 5m
- Habitations/Bâtiments : 3 à 10m



7.4.3 CAS 3 : Mutation du TR311 et ajout du TR313 ONAN 36MVA



CAS 3/ Etat futur 2

Hauteurs :

- Bâtiments de commande : 4m
- Murs pare feu : 5m
- Mur de protection grille : 3,6m
- Habitations/Bâtiments : 3 à 10m



7.5 Tableaux de synthèse

Les résultats des simulations sont présentés dans les tableaux suivants en dBA, ils présentent le bruit particulier (poste seul) maximum calculé aux points de mesure et en façade des habitations, le bruit résiduel et la somme des deux niveaux pour obtenir le bruit ambiant.

Il permet de statuer sur la conformité du poste dans les différentes configurations. Nous rappelons que l'arrêté du 26 janvier 2007 impose une émergence inférieure à 5dB en période de jour et 3 dB en période nocturne ou un bruit ambiant inférieur à 30 dB à l'intérieur des habitations.

Pour rappel l'indicateur utilisé est le LA50.

Période diurne									
	Hab	Particulier	Résiduel	Atténuation estimée	Ambiant	Résiduel	Emergence	Conformité	Critère
		Extérieur (Pe) en façade	Extérieur (Re)		intérieur (Ai)	Intérieur (Ri)	intérieur (Ei)		
CAS 1 Etat actuel	1	6	38,5	3	35,5	35,5	0	OUI	Ei≤5dB(A)
CAS 2 Etat futur 1		1	38,5	3	35,5	35,5	0	OUI	Ei≤5dB(A)
CAS 3 Etat futur 2		2,5	38,5	3	35,5	35,5	0	OUI	Ei≤5dB(A)

Période nocturne									
	Hab	Particulier	Résiduel	Atténuation estimée	Ambiant	Résiduel	Emergence	Conformité	Critère
		Extérieur (Pe) en façade	Extérieur (Re)		intérieur (Ai)	Intérieur (Ri)	intérieur (Ei)		
CAS 1 Etat actuel	1	6	32	3	29	29	0	OUI	Ei≤3dB(A) Ai<30dB(A)
CAS 2 Etat futur 1		1	32	3	29	29	0	OUI	Ei≤3dB(A) Ai<30dB(A)
CAS 3 Etat futur 2		2,5	32	3	29	29	0	OUI	Ei≤3dB(A) Ai<30dB(A)

8 CONCLUSIONS

(CAS 1) Les résultats des mesures réalisées au poste électrique de Massiac le 23 juillet 2024 nous montrent une émergence nulle à l'habitation la plus proche en période diurne et nocturne. Le poste y est inaudible.

Le poste de Massiac est actuellement conforme vis-à-vis de la réglementation du 26 janvier 2007 sur les ouvrages électriques.

(CAS 2) La première phase de travaux consiste en la mutation du TR311 par un modèle ODAF 36MVA de nouvelle génération.

Ces travaux diminueront le bruit particulier du poste en raison de la faible puissance acoustique du futur TR311. Le poste sera donc toujours conforme et inaudible à l'habitation riveraine.

Après la première phase de travaux, le poste de Massiac sera conforme à la réglementation du 26 janvier 2007 sur les ouvrages électriques.

(CAS 3) La seconde phase de travaux consiste en l'ajout d'un TR313 ONAN dans une loge trois murs.

Ces travaux n'auront que peu d'impact en comparaison avec le CAS 2 sur le bruit particulier du poste en raison de la faible puissance acoustique des transformateurs ONAN de nouvelle génération et de l'absence d'aéroréfrigérants.

Après la seconde phase de travaux, le poste de Massiac sera conforme à la réglementation du 26 janvier 2007 sur les ouvrages électriques.

ANNEXE 1

Argumentaire et interprétation de l'arrêté du 26 janvier 2007.

Il est très souvent difficile au stade d'une étude prévisionnelle de réaliser une mesure dans les habitations pour les raisons suivantes :

- Les maisons entourant un poste sont, par définition toutes différentes (Isolement des parois, traitement intérieur...), il faudrait en toute rigueur réaliser des mesures dans chacune ce qui est bien sur impossible.
Ce même raisonnement vaut également pour toutes les pièces d'une même maison, on imagine facilement le nombre de points de mesures à réaliser en période de Nuit et de Nuit.
- Dans certaines zones urbanisables autour de l'installation, les maisons n'existent pas, il faut donc anticiper les futurs niveaux intérieurs.
- Si le bruit ambiant dans la maison est supérieur à 30dBA, il faut mettre en évidence l'émergence globale et donc déterminer le niveau résiduel. Comme il n'est pas possible d'arrêter l'installation, il faut estimer celui-ci. Une des solutions consiste par exemple à mesurer dans une autre pièce de la maison mais ceci entraîne inévitablement des dispersions car l'impact des autres sources, comme les bruits de la rue, y est forcément différent ; Cette remarque est particulièrement vraie dans la configuration fenêtre ouverte ou le bruit qui « entre » dans la pièce comporte une partie du bruit résiduel et du bruit particulier. Ces dispersions amènent inévitablement des erreurs sur le bruit résiduel et donc sur l'émergence.
- Le bruit résiduel dans une maison varie beaucoup en fonction de l'usage de la pièce, de l'heure de la journée, la notion d'occupation normale des locaux est difficile à apprécier. (Chauffage, VMC...).
- Il ne semble pas judicieux dans le cadre d'un projet lointain d'évolution d'un poste ou d'une étude de faisabilité de venir faire des mesures chez les gens. Ne pas pouvoir répondre à leurs questions de manière précise risque de les inquiéter inutilement ou d'engendrer des réactions disproportionnées.

ANNEXE 2

2A. Procédure proposée pour estimer avec une précision suffisante les niveaux de bruit ambiants et résiduels à l'extérieur des habitations proches du poste.

- Les points de mesures sont choisis à proximité des maisons, à l'extérieur. Celles-ci sont réalisées suivant NFS 31010. Ce choix permet d'éviter l'effet propre de chaque habitation et de bien caractériser le champ acoustique impactant les zones habitées.
- Pour chacun de ces points, il faut si possible caractériser le bruit ambiant (Incluant le bruit du poste) et le bruit résiduel (Excluant le bruit du poste).
- Les mesures sont réalisées en période de Nuit et en période de Jour mais, sauf cas particulier, les calculs prévisionnels sont effectués pour obtenir le respect de la réglementation pendant la période de Nuit car l'émergence acceptable plus faible (3dBA) et le bruit résiduel plus bas se cumulent pour rendre cette période-là plus pénalisante. Dans certains cas particuliers, et rares (Zones tropicales par exemple), les niveaux résiduels sont supérieurs en période de Nuit (insectes, grenouilles.).
- Les points sont choisis exclusivement en direction des zones habitées et des zones potentiellement urbanisables. Le choix des points est fait au coup par coup en fonction d'une liste de critères, ils sont choisis sur plan ou vues aériennes, mais ils sont toujours confirmés après visite sur le site.
- Au point (i) en limite des zones habitées, **le bruit ambiant (Lai)** est en général assez facile à caractériser ce qui n'est pas le cas du **bruit résiduel (Lri)** qui est souvent plus délicat à obtenir. Si le résultat de la mesure n'est pas satisfaisant, celui peut être « extrait » postérieurement par calcul (Voir méthodologie M1).
- A partir des niveaux **Lai** et **Lri** nous calculons :
 - Le bruit particulier (Lpi)** du poste et qui est directement comparable aux valeurs calculées par logiciel. ($L_{pi}=L_{ai} [-] L_{ri}$) ou $[-]$ indique une différence logarithmique.
 - L'émergence à l'extérieur (Eexi)** car elle reste un bon indicateur (utilisé par l'ancienne réglementation. ($L_{ai}-L_{ri}$).
 - Le niveau ambiant à la façade (Lafi)** au droit des portes ou des fenêtres de la maison choisie ($L_{pi}=(L_{ai}-K_d) [+] L_{ri}$). Le bruit résiduel est considéré identique entre le point de mesure et la façade alors que le bruit particulier est corrigé de la distance. (Coefficient K_d)

A partir du niveau de bruit ambiant à la façade nous calculons le niveau dans l'habitation et comparons celui-ci à la valeur de 30dBA (Voir méthodologie ci-après). Si le niveau calculé est inférieur à 30dBA, l'impact du poste est conforme à l'arrêté. Si le niveau calculé est supérieur à 30dBA, l'émergence est recherchée et comparée à la valeur limite de 3dBA pendant la période de Nuit la plus défavorable.

2B. Remarques générales

Afin de relativiser l'importance de la nouvelle réglementation et valider la méthodologie ci-dessus, il convient de faire les rappels suivants :

-Pour des expositions identiques, les analyses à l'intérieur, fenêtres ouvertes sont dans la plupart des cas peu différentes de celles effectuées à l'extérieur face à la même fenêtre. En effet, le bruit du poste transmis à l'intérieur des habitations correspond au bruit provenant de l'extérieur diminué de l'indice d'affaiblissement acoustique du trou constitué par la fenêtre ouverte. Celui-ci peut être estimé à 5 ou 7dB selon la taille des fenêtres, le volume et l'encombrement de la pièce. Le bruit résiduel intérieur fenêtres ouvertes est la somme du bruit résiduel provenant de l'extérieur diminué du même indice et des bruits intérieurs domestiques, généralement faibles car la pièce est le plus souvent non habitée pendant la mesure.

-Pour les fenêtres fermées le même raisonnement peut être tenu sauf que l'indice d'isolement est supérieur car il intègre l'atténuation du vitrage. Ceci a pour conséquence de diminuer le bruit résiduel venant de l'extérieur et de donner plus d'importance au bruit intérieur domestique. Ce cas est rarement défavorable car le niveau plus faible a plus de chance de se situer sous la barre des 30dBA et le rapprochement des deux bruits résiduels tend à minimiser l'émergence.

-Il convient de vérifier la non présences d'ondes stationnaires dans la pièce de mesure, ces ondes sont quelquefois présentes si le local est très réverbérant (Non meublé par exemple) et si celui-ci a des dimensions multiples de 3,4mètres.

2C. Méthodologie de calcul du bruit ambiant et de l'émergence dans les habitations à partir des mesures extérieures

A partir des mesures réalisées en bordure des zones habitées, nous appliquons la méthode décrite ci-après pour estimer par calcul le niveau de bruit ambiant et l'émergence dans les habitations.

Pour cela nous utilisons les lois classiques de l'acoustique et en particulier la décroissance géométrique,

Les effets particuliers d'absorption atmosphérique sont négligés ce qui donne un résultat conservatif.

Les effets du vent et des gradients thermiques sont négligés car les distances corrigées entre le point de mesure et le point de calcul sont choisies petites (Typiquement < 20m).

Afin d'aboutir à intervalle de confiance raisonnable nous pouvons réaliser un calcul pour les cas standards suivants à savoir :

- Une grande pièce avec baie vitrée ouverte et réverbérante
- Une grande pièce avec baie vitrée ouverte et semi-absorbante
- Une grande pièce avec baie vitrée ouverte et absorbante
- Une petite pièce avec fenêtre ouverte et réverbérante
- Une petite pièce avec fenêtre ouverte et semi-absorbante
- Une petite pièce avec fenêtre ouverte et absorbante

Les critères chiffrés sont :

- Grande pièce : >30m²
- Petite pièce : de 10 à 30m²
- Réverbérante : α moyen <0,1
- Semi réverbérante : α moyen entre 0 et 0,5
- Absorbante : α moyen supérieur 0,5
- Baie vitrée : environ 50% de la façade correspondante
- Fenêtre : environ 10% de la façade correspondante

Sans précision particulière sur la caractéristique des habitations, nous choisissons comme habitation standard, une chambre de 20m² avec un coefficient d'absorption de 0.5 avec fenêtre donnant du côté poste ce qui donne une atténuation entre l'extérieur et l'intérieur de la pièce de 3 dB(A)

Les résultats obtenus dans ces différentes configurations sont présentés sous forme de tableau dont un exemple est donné ci-dessous.

	Ouverture	Réverbérante	Semi réverbérante	Absorbante
Grande pièce	Baie Vitree	0,0	-3,0	-5,0
	Fenêtre/porte	-3,0	-8,0	-10,0
Petite pièce	Baie Vitree	3,0	0,0	-3,0
	Fenêtre/porte	-1,0	-5,0	-7,0

ANNEXE 3

Méthodologie mise en œuvre pour l'extraction du bruit résiduel

La méthodologie appliquée dans le compte rendu des mesures sera identifiée dans le compte rendu (M1, M2, M3...) :

M1. ARRET DU BRUIT PARTICULIER

Ce cas se produit peu sur les postes car la consignation est une opération aléatoire, planifiée longtemps à l'avance et lourde à mettre en œuvre pour réaliser une simple mesure de bruit. Un fonctionnement à vide est sans intérêt car le bruit de la partie active ne suit pas une loi linéaire en fonction de la charge et il dépend également de la tension.

Il est parfois possible cependant d'arrêter la ventilation de la réfrigération pendant quelques instants.

M2. UTILISATION DU POINT MASQUE

La méthode consiste à réaliser un point de mesure derrière un bâtiment faisant écran à la source. Cette solution est utile si la réfrigération seule est audible par contre elle est souvent insuffisante pour les fréquences pures de la partie active car les effets d'écran (Diffraction) ne permettent pas des gains suffisants. Une analyse en bandes fines aux points de mesures permet de vérifier que les fréquences pures n'apparaissent pas.

M3. UTILISATION DU POINT EQUIVALENT

Une zone est choisie à proximité de la zone impactée par le poste dans laquelle le bruit particulier de l'installation n'est pas audible. La grande difficulté est d'estimer l'environnement pour considérer le bruit résiduel comme représentatif (Effet de la densité de maisons, des distances aux routes de la végétation etc...). Nous avons pratiquement abandonné cette méthode car des écarts de $\pm 3\text{dB}$ ne sont pas rares ce qui entraîne soit des émergences négatives soit une erreur équivalente sur celle-ci ce qui est inacceptable.

M4. EXTRACTION DES BANDES 1/3 OCTAVES

Cette méthode est quasiment toujours utilisable si des précautions sont prises. La mesure est réalisée de manière classique avec enregistrement des LAeq courts et des multi spectres 1/3 d'octaves. L'évolution temporelle des LAeq1s100 Hz, LAeq1s200 Hz..... Est regardée sur toute la période de mesure si cette valeur est très constante et identifiée comme provenant du poste, le niveau de la bande est ramené au niveau du fond continu du spectre qui lui est représentatif du bruit de fond. Un point intermédiaire situé à la limite de propriété ou bien à proximité du transformateur par exemple permet d'identifier les sources certaines. La décroissance mesurée peut être estimée avec une bonne précision au point de calcul. Cette méthode est souvent satisfaisante et peut être applicable à la fois à la partie active et à la réfrigération. L'idéal est de la recouper avec une autre approche, mais elle s'applique bien quand la source est unique et quand le bruit résiduel n'est pas constitué de sources cohérentes en fréquence et en amplitude.

M5. EXTRACTION DES BANDES FINES

Cette technique est redoutable d'efficacité mais quasiment limitée aux fréquences pures de la partie active, dans le cas contraire elle devient très lourde mais reste cependant possible. En plus de l'enregistrement classique (voir ci-dessus) un enregistrement temporel est réalisé et analysé en bandes fines ($\Delta f = \text{cte}$) le niveau global calculé et pondéré A représente le bruit ambiant. Un filtre en peigne très sélectif calé sur 100, 200, 300...Hz est appliqué au signal et le niveau global est calculé de la même manière que ci-dessus, il représente cette fois-ci le bruit résiduel et la différence entre ces deux valeurs représente l'émergence. Cette technique permet de supprimer les hautes fréquences harmoniques du 100Hz et souvent pénalisantes pour le niveau global en dBA.

REMARQUE : Lors de l'utilisation de ces méthodes, l'identification est utilisée de manière prioritaire sur les fréquences pures car celles-ci sont identifiées et assimilées au bruit transformateur ce qui leur donne un caractère gênant particulier. Leur suppression est recherchée de manière prioritaire.

M6. LA METHODE INTENSIMETRIQUE

Une sonde intensimétrique permet d'identifier la provenance d'un bruit, si le bruit résiduel peut être assimilé à un bruit de provenance aléatoire ou si les bruits entrant dans le résiduel sont identifiés et de provenance différente, il est possible d'extraire le bruit du poste et donc de calculer un bruit résiduel et un bruit particulier. Cette technique est peu utilisée car elle est relativement lourde à mettre en œuvre et nécessite souvent une seconde intervention.

M7. LA METHODE DES NIVEAUX FRACTILES

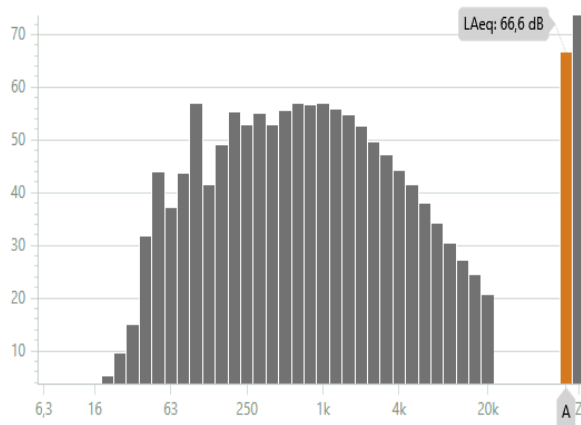
Dans certains cas, entre les fluctuations sonores on entend nettement le bruit du poste, le niveau du bruit particulier de celui-ci peut alors être estimé à partir des niveaux fractiles LA90 ou LA95. Un cumul ou un mélange de plusieurs techniques peut être utilisé pour minimiser l'erreur sur la valeur de l'émergence.

ANNEXE 4

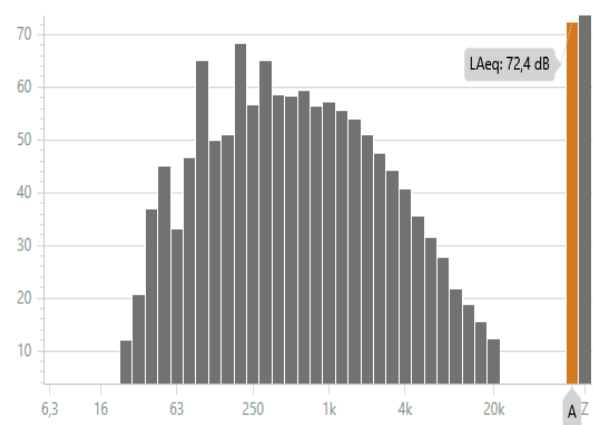
Spectres en 1/3 d'octaves des mesures dans le poste

Autour des transformateurs :

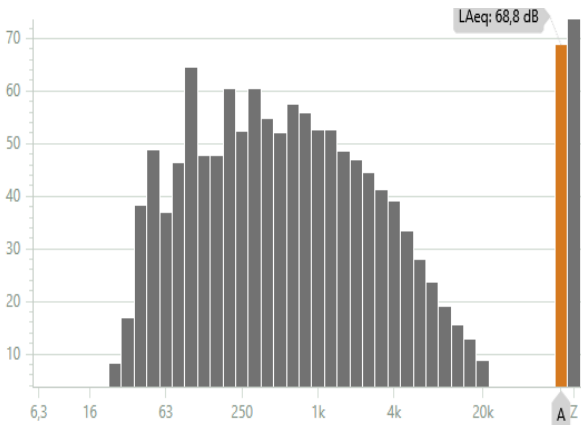
P1 :



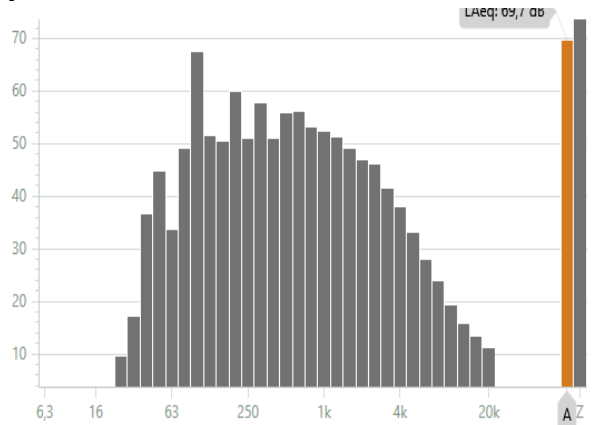
P2 :



P3 :



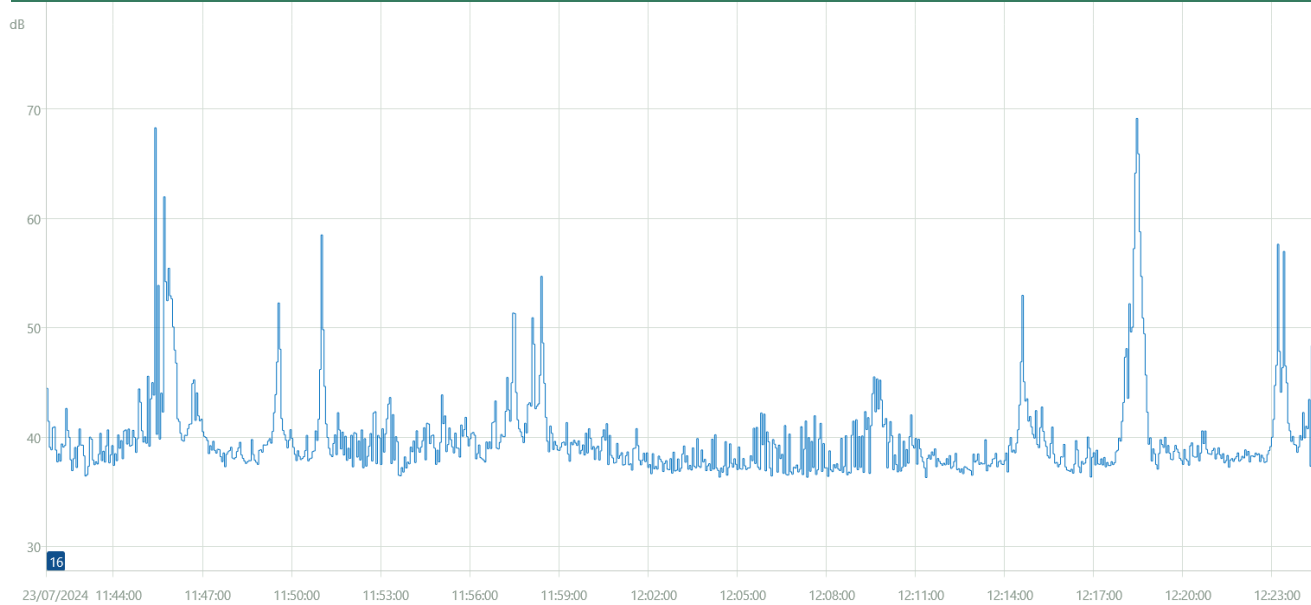
P4 :



ANNEXE 5 **Détails des mesures à l'extérieur du poste**

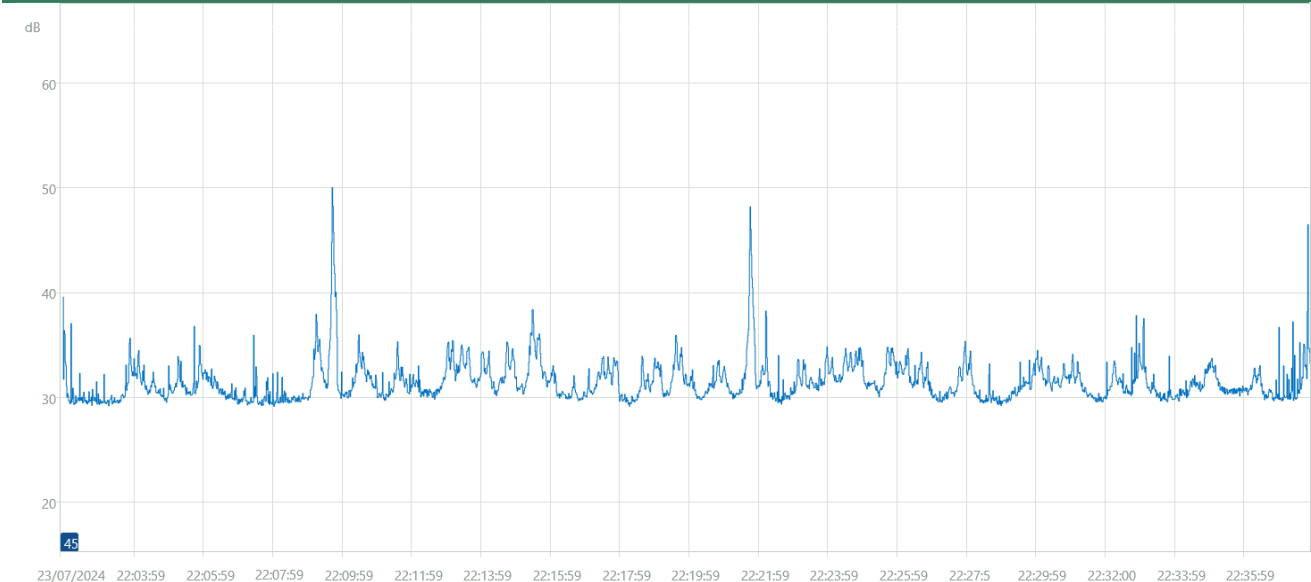
Point A période diurne

Nom	Durée	Début	Fin	LAeq	LA50	LA90
A jour	00:43:12	23/07/2024 11h41	23/07/2024 12h24	46,5	38,4	36,7



Période nocturne

Nom	Durée	Début	Fin	LAeq	LA50	LA90
A nuit	00:37:03	23/07/2024 22h01	23/07/2024 22h38	40,6	31,8	29,2



ANNEXE 6

Les données météo sont extraites du site [meteoblue.com](https://www.meteoblue.com) pour la ville de Massiac.

