

PROPOSITION

Méthode de mesure de contrôle ou de surveillance du bruit des parcs éoliens

PROJET

METHODE DE MESURE

DE CONTROLE OU DE SURVEILLANCE

DU BRUIT DES PARCS EOLIENS

juillet 2024 – mise à jour novembre2025

Rédigée à la demande du **Groupe Expert** regroupant les compétences nécessaires en acoustique, normalisation, médecine de santé publique, et droit public.

Table des matières

1. PREAMBULE	3
2. REFERENCES NORMATIVES ET REGLEMENTAIRES	3
3. DEFINITIONS	4
4. PRINCIPE GENERAL	5
4.1 Classes de vitesse de vent	7
4.2 Niveaux globaux pondérés	7
4.3 Niveau fractiles L%	8
4.4 Durées d’intégration très courte	9
4.5 Niveaux par bandes d’octave	9
4.6 Cumul de parcs	9
5. TYPES DE MESURES	9
5.1 MESURES UNITAIRES	9
5.2 MESURES DE CONTROLE	10
5.3 MESURES DE SURVEILLANCE	10
6. CONDITIONS DE REALISATION	10
MESURE DE LA VITESSE ET DE LA DIRECTION DU VENT	10
Mât de mesure de 10 m	10
Nacelle des éoliennes	10
Station météo	10

PROPOSITION

Méthode de mesure de contrôle ou de surveillance du bruit des parcs éoliens

7. MESURAGE	11
7.1.1 Mesure standard en « résolution courte » 1 sec	11
7.2 MESURE EN « RESOLUTION FINE » 100 MS	11
8. ANALYSE ET TRAITEMENT DES ENREGISTREMENTS	11
8.1 INTERVALLE DE MESURAGE	11
8.2 DETERMINATION DU NIVEAU DE BRUIT AMBIANT	12
8.3 DETERMINATION DU NIVEAU DE BRUIT RESIDUEL	12
8.4 CALCUL DES EMERGENCES :	12
8.5 PRESENTATION DES RESULTATS	12
8.6 BRUITS SPECIFIQUES	13
8.7 EFFET DE LA VITESSE DU VENT SUR LE SONOMETRE	14
8.8 INCERTITUDES	14
8.9 CONFORMITE D'UN PARC	14
8.10 APPROCHE STATISTIQUE	14
9. IDENTIFICATION	14
10. RAPPORT	15
Exemple de tracé temporel	17
Exemple d'observation fine du bruit ambiant, avec le LAeq, 100 ms (à compléter)	18

PROPOSITION

Méthode de mesure de contrôle ou de surveillance du bruit des parcs éoliens

1. PREAMBULE

L'annulation par le Conseil d'Etat le 8 mars 2024 des arrêtés ministériels successifs de 2021 à 2023 et des protocoles reconnus attachés à ces arrêtés démontre la nécessité de remplacer le projet de norme NF 31 114 inachevé jamais homologué figurant à nouveau dans l'arrêté du 26 août 2011 par une méthode robuste et fondée sur les textes de référence, qui ne sont autres que ceux figurant dans la norme NF 31-010 en fin de révision.

Cette **norme NFS 31-010** prise en application de nombreux textes législatifs, notamment le code de la santé publique, comporte en effet les fondamentaux pour parfaitement caractériser et mesurer les bruits de l'environnement y compris pour le bruit éolien, les bruits de voisinage, la diffusion des sons amplifiée et d'une manière générale pour l'ensemble des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE).

Une étude acoustique environnementale de qualité, qu'elle soit d'expertise, de contrôle ou de suivi, doit en effet répondre à trois objectifs distincts :

- A. Reposer sur une norme de mesurage du bruit de l'environnement d'application obligatoire.
- B. Analyser et modéliser les émissions sonores des éoliennes dans l'environnement du projet, selon des pratiques strictement professionnelles n'offrant aucune latitude d'interprétation.
- C. Permettre de caractériser un environnement sonore en vue de statuer sur la conformité ou non-conformité d'un projet ou d'une installation génératrice de bruit dans l'environnement à la réglementation en vigueur.

La réglementation selon l'arrêté en vigueur repose sur trois critères cumulatifs :

- le respect d'un niveau sonore global maximum sur le périmètre délimitant une propriété vis-à-vis des éoliennes ;
- le respect d'un seuil d'émergence en dB(A) dans la zone à émergences réglementées (Ex : extérieur et intérieur des habitations);
- la recherche de tonalité marquée du bruit (composante fréquentielles) de la centrale éolienne.

Dans le respect du code de la santé publique, ne pas porter atteinte à la tranquillité du voisinage ni à la santé de l'homme, dans un lieu public ou privé.

La méthode ici proposée couvre les trois champs A., B. et C. Elle tient compte en outre de deux caractéristiques spécifiques du bruit éolien qui distinguent ce dernier des autres bruits de l'environnement : les basses fréquences et les modulations d'amplitude, nonobstant des infrasons.

2. REFERENCES NORMATIVES ET REGLEMENTAIRES

Cette méthode s'appuie sur la norme NF S 31 010, qu'elle ne contredit en aucun point.

Son fondement est basé sur le calcul de l'indicateur d'émergence (E) (expression ci-dessous extraite de la norme) selon la définition homologuée : « *Modification temporelle du niveau du 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.* ».

Concrètement, elle permet de mesurer la variation du niveau sonore de part et d'autre d'un intervalle de transition :

$$E = L_{Aeq,Tpart} - L_{Aeq,Tres}$$

E : indicateur de niveau en dB(A)

$L_{Aeq,Tpart}$: niveau de pression acoustique équivalent en dB(A) du bruit ambiant, dont la durée cumulée est T_{part}

$L_{Aeq,Tres}$: niveau de pression acoustique équivalent en dB(A) du bruit résiduel, dont la durée cumulée est T_{res} .

3. DEFINITIONS

Pour éviter toutes incompréhensions ou interprétations, la norme **NF S 31-101** a défini les termes applicables aux propriétés physiques des caractéristiques mesurées et calculées sur le bruit de l'environnement.

- a. La norme **NF S 31-010** définit notamment les niveaux et caractéristiques du bruit tels que :

Niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A, $L_{Aeq,T}$

Niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A « court », $L_{Aeq,\tau}$

Niveau acoustique fractile, $L_{AN,\tau}$

Intervalles de mesurage, d'observation, de base, élémentaire.

Bruit ambiant, bruit particulier, bruit résiduel, bruit impulsionnel, facteur de bruit impulsionnel.

Emergence

Tonalité marquée

Contenu du rapport de mesure de bruit

Auto vérification, traçabilité

- b. L'Observation de l'environnement associé à une mesure de bruit : une étape indispensable

L'observation de l'environnement associé à une mesure de bruit à un instant donné, à l'intérieur et/ou à l'extérieur des locaux, constitue une étape indispensable pour identifier les facteurs de l'environnement susceptibles d'influencer la mesure.

La norme **NF S 31-010** décrit une liste non exhaustive des éléments qui peuvent être identifiés, parmi lesquels les éléments ci-dessous qui peuvent avec utilité être décrits dans un rapport portant sur le bruit éolien :

— la nature des sols et la topographie :

☐ le milieu environnant : rase campagne, relief accidenté, fonds de vallée, sol enneigé, verglas, etc. ;

☐ les obstacles matériels proches éventuels ;

☐ la topographie du site.

— l'effet des saisons sur la végétation et les cultures :

☐ la présence de végétations : nature, distance et hauteur, caractère caduc ou persistant, etc. ;

☐ l'état des sols.

— les effets de la météorologie locale :

☐ l'exposition particulière du site à des vents spécifiques (mistral, tramontane, autan, etc.) ;

☐ la neige et les précipitations ;

☐ les bruits « parasites » de l'environnement (bruits de sifflements du vent, pluie passagère, etc. ;

☐ le bruit des feuillages au vent.

— les éventuels aménagements et activités temporaires :

☐ travaux en cours et bruits de chantier associés ;

PROPOSITION

Méthode de mesure de contrôle ou de surveillance du bruit des parcs éoliens

- ☑ la présence de manifestations temporaires ou exceptionnelles : fêtes, événements sportifs, etc.
 - la présence dans cet environnement de voies de transport :
 - ☑ la présence des voies de transports terrestres et aériennes (voie ferrée, route, aéroport, etc.)
 - ☑ des déviations temporaires ou travaux, etc. ;
 - la présence d'équipements générateurs de basses fréquences ou de champs électromagnétiques potentiellement perturbateurs : réseaux électriques, antennes relais, etc.
- (réf. NF S31-010 révisée, p. 14)

4. PRINCIPE GENERAL

La présente méthode consiste à déterminer à tout moment, dans toutes les conditions de vent, l'émergence globale instantanée en dB(A), dB(C) et dB(G) ainsi que l'émergence spectrale par bande de tiers d'octave.

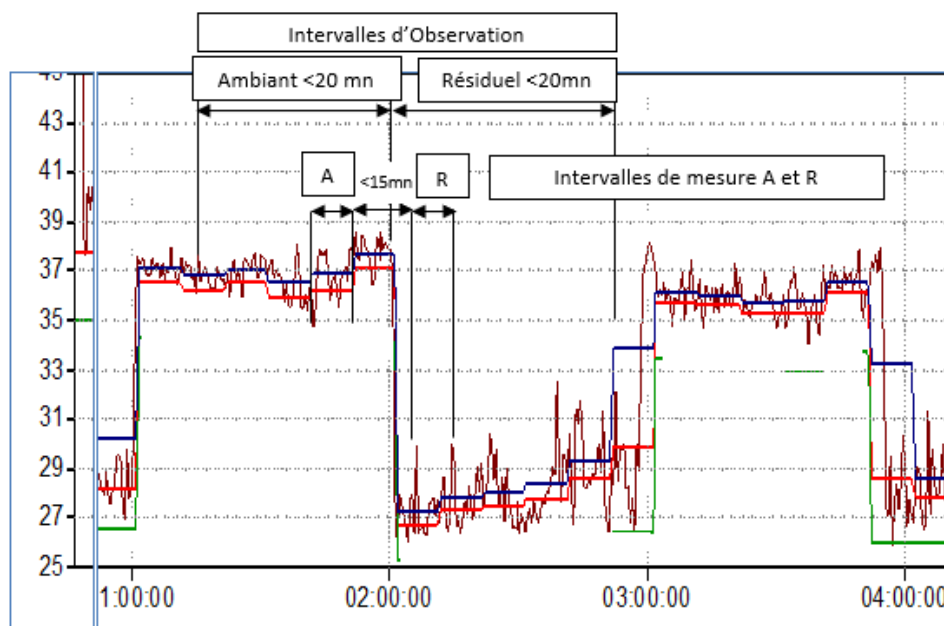
Elle permet de mesurer le bruit ambiant et le bruit résiduel, puis de calculer l'émergence globale ou fréquentielle, au démarrage et à l'arrêt des éoliennes, en respectant toutes les prescriptions de la NF S31-010.

Conformément à la définition de l'émergence, l'indicateur d'émergence est calculé autour de la transition entre les arrêts et les marches de la centrale éolienne.

Cela nécessite que celle-ci soit mise en « mode test » avec des démarrages et arrêts programmés, espacés de 30 minutes à 1 heure, durant toute la période d'observation.

Durant toute la campagne de mesures, le fonctionnement du parc éolien suit des cycles marche/arrêt réguliers.

Durant chaque transition marche/arrêt ou arrêt/marche, les niveaux sonores au niveau d'une habitation sont calculés sur des intervalles précédant et suivant la transition de chaque cycle (Figure 1 ci-dessous) :



PROPOSITION

Méthode de mesure de contrôle ou de surveillance du bruit des parcs éoliens

La différence entre ces niveaux sonores constitue l'émergence au moment de la transition.

Cette valeur est alors associée à la vitesse de vent au moment de la transition, ainsi qu'à différents paramètres complémentaires (direction du vent, conditions météo, période de la journée, saison, ...), afin d'obtenir à la fin de la campagne de mesures une classification des émergences selon la vitesse de vent, selon la direction du vent, selon les périodes de la journée, et selon différentes ou « situations-type » associées à ces paramètres complémentaires.

L'émergence classée selon une vitesse du vent, une direction, une période de la journée, et selon les autres paramètres, reste variable et fluctuante car elle dépend de nombreux autres paramètres aléatoires (aléas des bruits résiduels naturels, aléa du vent, aléas des turbulences du vent au sol, aléas du pilotage des éoliennes) qui devront alors être mentionnés dans le rapport de mesurage.

Cette variation des valeurs d'émergence doit être objectivement décrite avec les outils statistiques appropriés parmi lesquels 1/ la moyenne et l'écart-type, 2/ les indices fractiles 3/ la courbe de distribution statistique.

La conformité réglementaire dans une classe ne pourra être établie que si toutes les émergences décrites dans cette classe sont inférieures au seuil réglementaire, étant précisé qu'elle n'est possible que si les émergences ont pu être calculées dans toutes les vitesses et directions de vent, toutes les périodes et tous les autres paramètres.

Lieu des mesures

A l'intérieur de locaux d'habitations, fenêtres ouvertes ou fermées, ou à l'extérieur sur les terrasses et dans les jardins, cours, terrains réservés aux activités de détente et proche de l'habitation.

Lorsque les mesures sont prises à l'intérieur de locaux d'habitation, les emplacements de mesurage doivent être situés, si possible, au centre des pièces dont on désire connaître la situation sonore.

Les emplacements de mesurage doivent alors se trouver à au moins 1 m des parois et autres grandes surfaces réfléchissantes, à au moins 1,5 m des fenêtres et entre 1,2 m et 1,8 m au-dessus du sol. Lorsqu'une voie de transmission aérienne depuis l'extérieur est prépondérante, le mesurage est effectué fenêtres ouvertes (les portes-fenêtres étant considérées comme des fenêtres), et portes fermées.

Une voie de transmission solidienne étant possible s'agissant du bruit éolien, un mesurage est également effectué fenêtres fermées.

(réf. NF S31-010 révisée, p. 19)

Un cas particulier : les mesures en un point distant

Lorsqu'il est difficile d'arrêter les éoliennes, par exemple en cas de refus de l'exploitant lorsque l'autorité publique n'est pas en mesure de l'imposer, la mesure du bruit résiduel doit obligatoirement se faire en un point distant comme le prévoit la norme NF S 31-010 pour les installations qui fonctionnent continuellement.

Le **point distant** répond alors à l'un ou l'autre des cinq critères suivants :

- être situé en amont du vent prévisible sur plusieurs jours pendant la durée d'observation ;
- en amont du vent dominant lorsque la durée d'observation est de plusieurs semaines ;
- à 90 degrés des vents dominants si ceux-ci ont une double direction ;
- A une distance deux fois supérieure à celle entre l'habitation, afin d'assurer au moins 6 dB de réduction du bruit particulier produit par les aérogénérateurs seuls ;
- En un point éloigné où les bruits particuliers des aérogénérateurs sont inaudibles.

PROPOSITION

Méthode de mesure de contrôle ou de surveillance du bruit des parcs éoliens

Ces mesures en un point distant seront validées par comparaison avec les mesures du bruit résiduel mesuré lors des arrêts antérieurs des aérogénérateurs :

- lors des précédentes campagnes de mesure en mode marche/arrêt,
- lors de la campagne initiale de mesure du parc (dans l'année qui suit sa construction),
- lors des études d'impact acoustique avant la construction du parc.

4.1 Classes de vitesse de vent

Pour tenir compte de la spécificité du bruit des aérogénérateurs, les émergences doivent être calculées pour chaque classe de vent, de 3 à 12 m/s. La puissance acoustique d'un aérogénérateur est théoriquement maximum lorsque la vitesse nominale est atteinte, entre 7 et 9 m/s, mais les turbulences de l'air au passage des pales augmentent avec la vitesse du vent.

Sur un intervalle d'observation de plusieurs jours, les mesures seront classées par vitesse de vent.

La vitesse vent de référence est celle à 10 m au-dessus du sol, elle peut être mesurée par un mat de 10m en terrain dégagé, ou relevée à la station météo la plus proche, ou calculée, ou déduite de la vitesse du vent mesurée par la nacelle d'une éolienne.

4.2 Niveaux globaux pondérés

La mesure du niveau global ne peut pas se faire uniquement avec le décibel pondéré A, étant reconnu que ce dernier sous-pondère le bruit gênant en basse fréquence qui concerne de fait les éoliennes, et qu'il surpondère les bruits résiduels aléatoires des oiseaux, des grillons, des cigales.

Il est donc recommandé d'utiliser également la pondération C qui n'ampute pas les basses fréquences de 20 à 500 Hz, et la pondération G qui est adaptée aux très basses fréquences.

Les niveaux globaux pondérés à prendre en compte sont ainsi :

- Le niveau LA en dB(A)
- Le niveau LC en dB(C)

Les sources étant variables, il appartient à l'opérateur de se donner les moyens techniques (nombre de points de mesures, durée) adaptés à la situation à analyser et aux caractéristiques du parc, voire des parcs cumulés du secteur, de telle sorte qu'il puisse être réalisé une analyse fréquentielle.

Il convient ici de se reporter à la norme spécifique XP S31-135 « Acoustique - Basses fréquences - Méthode de mesurage ».

(réf. NF S31-010 révisée, p. 26)

- Le niveau LG en dB(G) selon la norme ISO 71 96 pour la bande de fréquence comprise entre 1 et 100 Hz

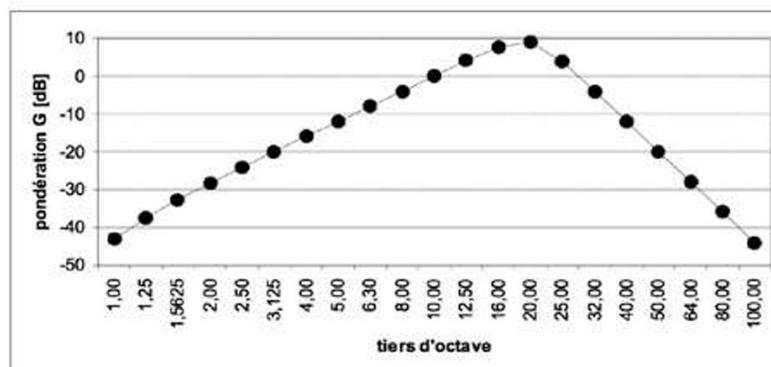


Figure 2 - Pondération G par bande de tiers d'octave de 1 à 100 Hz

PROPOSITION

Méthode de mesure de contrôle ou de surveillance du bruit des parcs éoliens

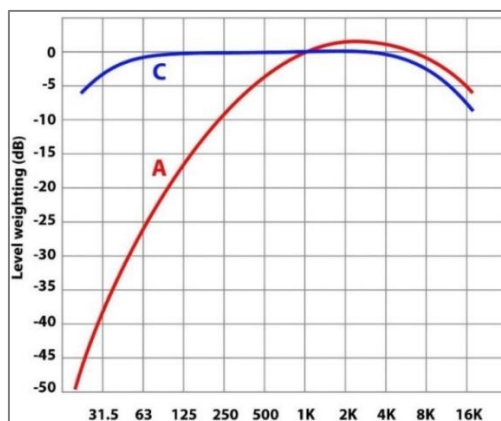


Figure 3 - Pondération A et C par bande d'octave de 31 Hz à 16 kHz (en dessous de 100 Hz, la pondération A est au moins 20 dB inférieure à la pondération C).

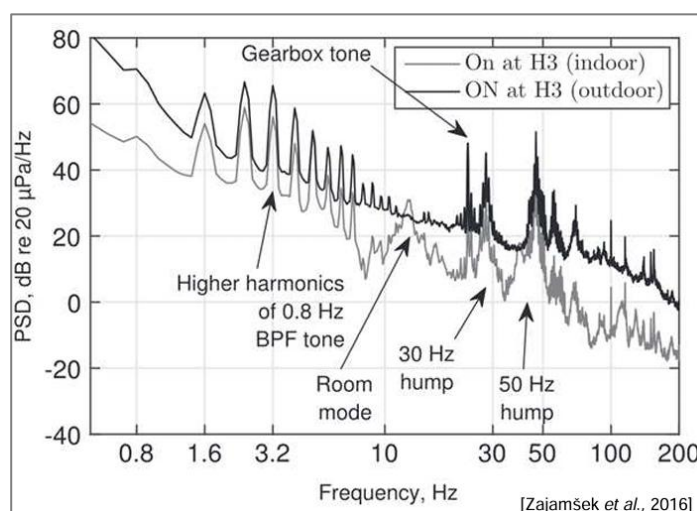


Figure 4 - Spectre caractéristique d'une éolienne en bande fine de 0,4 Hz à 200 Hz, sans pondération.

4.3 Niveau fractiles L%

La norme NF S31-010 rappelle que dans le cas d'un bruit d'environnement marqué par une importante dynamique appelé aussi « bruit fluctuant » (écart L_{eq} court max - L_{eq} court min) par exemple supérieure à 30 dB(A) pendant la durée d'observation, le L_{eq} ne constitue pas un indicateur suffisant et représentatif pour l'appréciation des effets du bruit.

Le bruit ambiant comme le bruit résiduel étant très fluctuant, le chapitre **6.4.3.5.2** « Analyse à partir des indicateurs fractiles en méthode d'expertise » de la norme NF S31-010 révisée doit alors être appliqué :

- Les cinq niveaux fractiles L1, L10, L50, L90, L99 doivent être mesurés en plus du niveau L_{Aeq} ;
- Les niveaux L_{eq} -court max et L_{eq} -court min mentionnés dans ce chapitre de la norme sont remplacés par les fractiles LA1 et L99 ;
- Les fractiles sont calculés sur des intervalles de 10 minutes à partir des niveaux équivalents courts $L_{Aeq,1s}$ ou très courts $L_{Aeq,100ms}$.

Définition du niveau fractile L% : niveau sonore dépassé pendant une fraction de la durée de mesure exprimée en pourcentage.

PROPOSITION

Méthode de mesure de contrôle ou de surveillance du bruit des parcs éoliens

4.4 Durées d'intégration très courte

Le niveau dB(A) ou dB(A) doit être mesuré avec une durée d'intégration de 100 millisecondes afin de caractériser les modulations d'amplitude. La durée d'intégration de 1s est en effet inapte à caractériser le bruit fluctuant des éoliennes, appelé modulation d'amplitude.

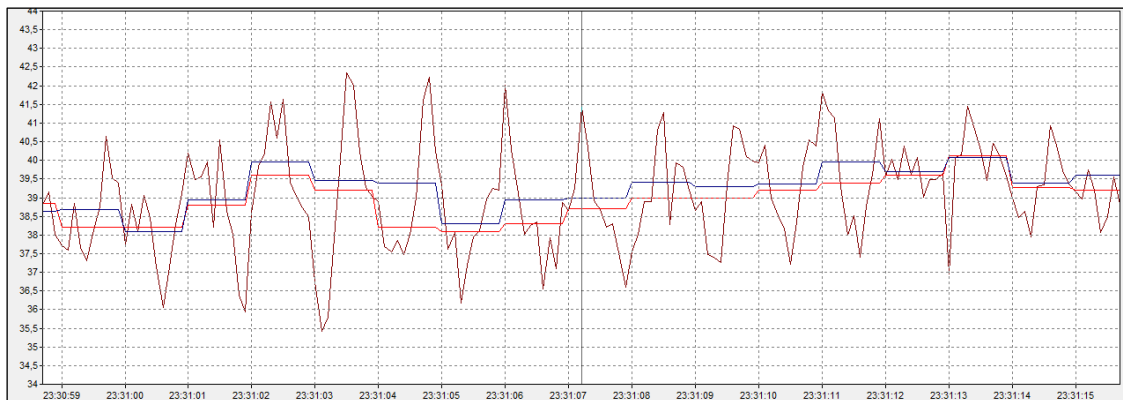


Figure 5 - Mesure de la modulation d'amplitude : LA eq, 100 ms, En rouge : LA50, 1 sec, et en bleu : LAeq, 1 sec

4.5 Niveaux par bandes d'octave

Les niveaux doivent être calculés en tiers d'octave de 20 à 2000 Hz, pour la recherche des tonalités marquées selon la norme NF S 31-010, comme pour le calcul des émergences par bandes de tiers d'octave.

4.6 Cumul de parcs

Comme l'indique le guide de réalisation des études d'impact de 2010 édité par le Ministère de la Transition Ecologique, lorsque que le parc éolien objet des mesures de contrôle est proche d'un autre parc, le bruit résiduel est égal au bruit mesuré en l'absence du bruit des deux parcs :

« lors de projets d'extension de parcs existants, ou lorsque le projet est proche d'un ou plusieurs parcs éoliens existants, il existe de fait un risque d'impact cumulé. La méthodologie recommandée consiste à considérer comme état initial celui qu'il y aurait si l'ensemble des éoliennes étaient à l'arrêt. ».

Le premier parc éolien ayant fait l'objet d'une étude d'impacts obligatoire, il est possible de prendre en compte les résultats des mesures du bruit de l'environnement avant l'installation du premier parc comme critère d'étude pour l'extension d'un parc existant.

L'absence totale de vent sur un site éolien peut être aussi de nature à caractériser et mesurer sur site le bruit « résiduel » de l'environnement dans la situation réelle et temporelle de l'environnement, ce dernier étant susceptible d'avoir évolué d'un parc initial à son extension.

5. TYPES DE MESURES

Selon les besoins, les moyens et le temps disponible, trois types de mesures sont proposés :

5.1 MESURES UNITAIRES

Mesures ponctuelles en un point et pour une condition de vent, définis par un riverain. Durée minimale 1 heure.

PROPOSITION

Méthode de mesure de contrôle ou de surveillance du bruit des parcs éoliens

5.2 MESURES DE CONTROLE

Plusieurs constats, attestant d'une reproductibilité, sur plusieurs cycles marches/arrêts, et/ou en plusieurs points de mesure. Durée sur 12 à 48 heures en s'assurant au préalable des conditions météo en corrélation avec une direction du vent porteur (source/récepteur) et avec la direction des vents dominants sur le site.

5.3 MESURES DE SURVEILLANCE

Ces mesures sont effectuées sur un intervalle de plusieurs semaines, dans toutes les conditions météorologiques, force et direction de vent, et sont répétées à des saisons différentes.

Lorsque leur représentativité est suffisante, elles permettent de déterminer si un parc est conforme ou non pendant la totalité des périodes de fonctionnement : elles permettent d'effectuer le réglage et les bridages nécessaires pour mettre en conformité le parc.

La conservation d'acquisition des données numériques des mesures de surveillance doit être stockée, consultable et accessible par transfert numérique concernant tous les paramètres mesurés (bruit, météo, période de bridage, production d'énergie et vitesse de rotation des pales).

La durée d'acquisition des mesures doit inclure les 6 derniers mois, voire la dernière année.

6. CONDITIONS DE REALISATION

Dans le cas général, les mesures doivent être réalisées au moins dans les directions des vents dominants, et dans les conditions météo favorables à la propagation du son vers les riverains.

Dans le cas particulier de traitement d'une plainte, les conditions de réalisation doivent correspondre aux situations d'occurrence décrites par le ou les plaignants.

Le rapport précisera les conditions des mesurages : emplacement du sonomètre, identification et distance des sources de bruits parasites, enregistrement de la vitesse du vent à 1 m du sonomètre, etc...

MESURE DE LA VITESSE ET DE LA DIRECTION DU VENT

La cadence de mesure doit être inférieure à 1 minute afin de permettre le calcul moyen min et max de la vitesse et de la direction du vent toutes les 10 minutes.

Mât de mesure de 10 m

Un mât de mesure de 10 m sera installé dans une zone dégagée, à plus de 50 m de tout bâtiment ou de forêt.

Nacelle des éoliennes

Lorsque les données des éoliennes sont accessibles, il est préférable de les utiliser.

Les résultats seront alors présentés en vitesse à hauteur de nacelle. Cela devra être indiqué ;

Station météo

La station météo la plus proche doit être recherchée et sa distance indiquée dans le rapport de mesure.

Les historiques METEO FRANCE sont accessibles gratuitement avec une résolution horaire appropriée et doivent être achetés pour obtenir une résolution plus fine de 1 ou 10 minutes.

PROPOSITION

Méthode de mesure de contrôle ou de surveillance du bruit des parcs éoliens

Certains sites fournissent la vitesse et la direction du vent en un point donné de la carte, calculés sur la base des historiques de prévisions météo.

7. MESURAGE

La mesure s'effectue avec une résolution temporelle de 100 ms à partir de laquelle on calcule le LAeq,1s.

7.1.1 Mesure standard en « résolution courte » 1 sec

Acquisition et stockage du niveau LAeq,1s pour le calcul de l'émergence globale, et du niveau par bandes d'octaves pour le calcul de l'émergence spectrale à l'intérieur des locaux.

7.2 Mesure en « résolution fine » 100 ms

Acquisition et stockage sous forme de LAeq,100ms pendant des périodes d'apparition de quelques minutes, pour visualiser sur le graphe temporel les modulations d'amplitude et les éventuels battements.

Lors de cette mesure, l'observation visuelle des éoliennes permettra de déterminer la fréquence de passage des pales et de la corrélérer avec les mesures.

8. ANALYSE ET TRAITEMENT DES ENREGISTREMENTS

8.1 Intervalle de mesurage

Les intervalles de mesurage du bruit ambiant et du bruit résiduel sont situés de part et d'autre de la mise en marche ou de la mise à l'arrêt de la centrale éolienne.

Le choix des intervalles est adapté en fonction des conditions météorologiques pouvant avoir une influence sur la propagation du son à longue distance, tant en plaine qu'en zone de montagne où se produisent des effets de rebond.

Il convient de s'assurer de la stabilité des conditions météorologiques. A défaut de stabilité de ces conditions, il convient de relever et analyser l'ensemble des conditions météorologiques toutes les 10 minutes pendant toute la durée de l'intervalle de mesurage. Dans ce cas, les relevés doivent figurer sur le rapport de mesurage.

En effet, l'influence des conditions météorologiques sur la propagation du bruit se traduit par la modification de la courbure des rayons sonores entre la source et le récepteur, résultant de l'interaction du gradient de température, du gradient de vitesse de vent, de la direction du vent et de l'effet de sol. Détectable dès que la distance source - récepteur atteint une quarantaine de mètres, cet effet devient significatif au-delà de 100 m et est d'autant plus important que l'on s'éloigne de la source.

(réf. NF S31-010 révisée, p. 22-23)

Pour caractériser au mieux la transition et afin de s'assurer que le niveau de bruit résiduel est comparable pendant les deux mesures, les intervalles de calcul seront les plus rapprochés possibles. Ils doivent être décrits en durée et en horaire.

(réf. NF S31-010 révisée, p. 36)

On s'assure qu'il n'y a pas apparition ou disparition concomitante de bruits parasites au moment de ces transitions. Dans le cas contraire on élimine les intervalles de mesures parasitées.

PROPOSITION

Méthode de mesure de contrôle ou de surveillance du bruit des parcs éoliens

Les bruits parasites nécessitent une observation et un relevé temporel des événements par l'opérateur sur le site des mesures, ou une réécoute d'un enregistrement audio à la condition de justifier du respect des règles RGPP par une autorisation écrite d'enregistrement.

8.2 Détermination du niveau de bruit ambiant

Le bruit ambiant est déterminé par identification des périodes pendant lesquelles le bruit du parc éolien apparaît seul et est perceptible sans effort particulier d'attention.

Le calcul du bruit ambiant s'effectue sur un intervalle minimal de 5 minutes pendant lequel la centrale est en production normale, choisi sur un intervalle d'observation maximum de 20 mn.

Le bruit ambiant est déterminé par l'indice fractile LA50 LC50 et LG50 (calculé à partir des LAeq courts 1s) du fichier de mesures après élimination des événements acoustiques parasites qui se seraient produits pendant l'intervalle de référence choisi.

8.3 Détermination du niveau de bruit résiduel

Le calcul du bruit résiduel s'effectue sur un intervalle minimal de 5 minutes avec la centrale à l'arrêt, choisi sur un intervalle d'observation maximum de 20 mn.

Le niveau de bruit résiduel utilisé pour le calcul de l'émergence est obtenu en utilisant l'indice fractile LA50,1s du fichier de mesure obtenu avec le parc éolien à l'arrêt, après élimination des événements acoustiques parasites qui se seraient produits pendant l'intervalle de référence choisi.

Les niveaux de bruit ambiant et résiduel sont calculés dans des intervalles de mesurage les plus proches possibles de la mise à l'arrêt ou du démarrage de la centrale éolienne.

Le temps entre la mesure de bruit ambiant et la mesure de bruit résiduel, ne doit pas être inférieur à 1 minute pour permettre au bruit de la centrale éolienne de se stabiliser, ni supérieur à 15 minutes pour se prémunir contre des variations significatives de niveau résiduel.

8.4 Calcul des émergences :

Le détail du calcul des émergences doit être explicité et calculé en conformité à la norme NFS 31-010, en veillant notamment à préciser les périodes de mesures retenues sur les graphiques des évolutions temporelles du bruit mesuré.

8.5 Présentation des résultats

A chaque démarrage et chaque arrêt d'éolienne, une émergence $E_t(v,dir,h)$ est calculée.

Elle dépend :

- de la date et l'heure (t)
- de la vitesse et la direction du vent (v,dir)
- des éventuelles conditions homogènes (h), de saison, de gradient thermique et tout autre paramètre mesurable.

Lorsque les mesures sont effectuées sur une longue durée, les émergences $E_t(v,dir,h) = f(t,v)$ doivent être représentées comme une évolution temporelle dans un histogramme montrant les variations temporelles

PROPOSITION

Méthode de mesure de contrôle ou de surveillance du bruit des parcs éoliens

du bruit résiduel, sur lequel sont également portés l'évolution temporelle de la vitesse et la direction du vent $v = g(t)$, les passages pluvieux, et toute autre information utile.

Dans le cadre de mesures de surveillance selon le paragraphe § 5.3, lorsque le nombre d'émergence est assez grand, les émergences peuvent être regroupées par classes homogènes ayant des paramètres comparables.

Si l'écart-type des émergences au sein d'une même classe homogène est inférieur à 3 dB, la classe est considérée homogène. Sinon elle est considérée insuffisante et inhomogène et ne peut être représentée par une valeur unique.

Lors d'une campagne de mesure de surveillance selon § 5.3, par exemple d'une durée de 3 semaines, les émergences calculées doivent être présentées pour chaque classe de vitesse de vent selon les paramètres retenus :

- sous forme d'histogramme temporel
- sous forme de nuage de point dans un graphe émergence / vitesse de vent en m
- sous forme de courbe de distribution statistique pour chaque classe de vent

Les émergences calculées pour un niveau ambiant inférieur au seuil réglementaire de 30 dB(A) ou de 35 dB(A), minoré de l'incertitude de mesure métrologique, doivent être représentées mais par une couleur différente.

8.6 BRUITS SPECIFIQUES

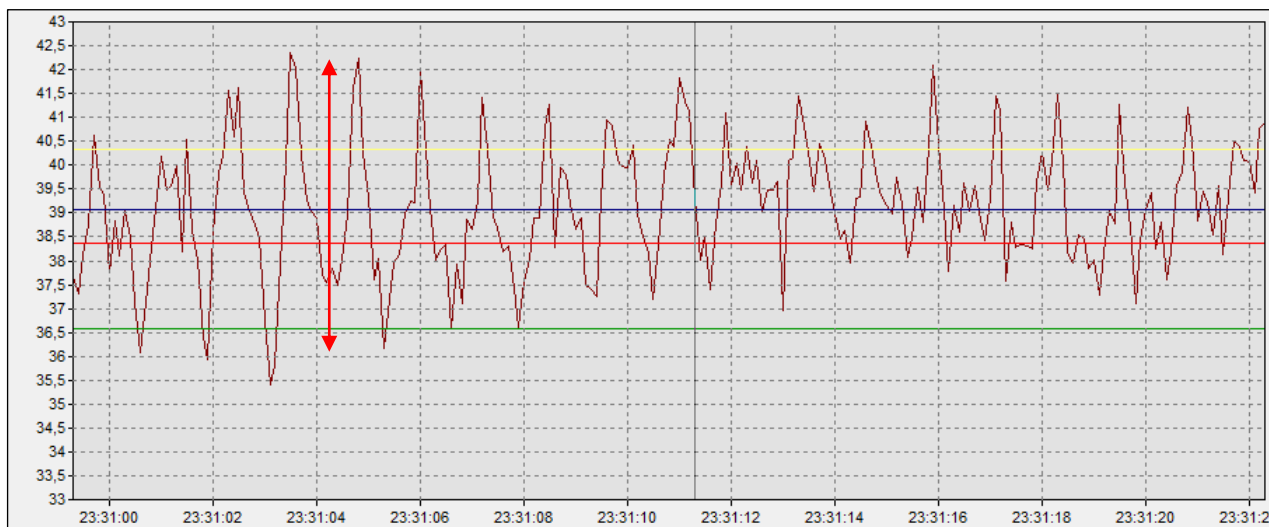
Tous les bruits spécifiques aux éoliennes doivent être mesurés et décrits.

Spécifiquement il doit être mesuré la modulation d'amplitude, qui est produite à la fréquence de passage des pales. Elle peut être aussi appelée bruit pulsé au passage des pales, ou « Swish » ou « Whouf ».

L'analyse des évolutions temporelles des mesures en résolution fine (durée d'intégration inférieure ou égale à 100 milli-sec) permet de constater les phénomènes dits de modulation d'amplitude.

- Avec une périodicité correspondant à la fréquence de passage des pales devant le mat
- Avec une périodicité beaucoup plus longue pour les phénomènes de modulation d'amplitude liés à la combinaison du bruit de plusieurs aérogénérateurs.

Exemple de graphique d'évolution temporelle avec modulation d'amplitude :



PROPOSITION

Méthode de mesure de contrôle ou de surveillance du bruit des parcs éoliens

8.7 Effet de la vitesse du vent sur le sonomètre

La vitesse limite du vent de 5/s au niveau du microphone du sonomètre (généralement ½ pouce ou 1 pouce) selon la norme NF S 31-010 est à retenir. Au-delà de cette vitesse, les mesures ne peuvent être validées.

On pourra se référer aux mesures des niveaux de bruit par le sonomètre en fonction des vitesses de vent sur la bonnette de protection au vent utilisée, objet d'une mesure faite en laboratoire, et apporter les corrections selon la rugosité du sol, notamment en présence de végétations, cultures, plan d'eau, etc....

L'une des propositions du présent projet consiste à mesurer la vitesse du vent au niveau du sonomètre, à en déduire un niveau de pression parasite en dB, et à éliminer toutes les mesures acoustiques qui ne seraient pas au moins supérieures à un seuil fixé à 10 dB voire 20 dB au-dessus de la pression parasite, de façon à assurer que cette perturbation n'est pas de nature à majorer de plus de 0,1 dB la mesure. Il convient à cette fin de mesurer la vitesse des turbulences du vent près du sol de préférence avec un fil chaud indépendant de la direction verticale du vent.

8.8 Incertitudes

Le calcul des incertitudes est celui qui est décrit dans la norme NF S31 010, les valeurs d'incertitudes métrologiques des appareils de mesures étant une obligation réglementaire devant figurer dans les rapports de mesures (on se reportera à la norme NF X 31-115-1).

8.9 Conformité d'un Parc

La conformité en matière de bruit d'une installation classée pour la protection de l'environnement type parc éolien relève d'une décision de l'administration.

Elle est acquise si les émergences sont inférieures aux valeurs seuils de la réglementation, en lien avec les conditions météo (vitesses de vent, directions des vents) et en prenant en compte l'effet des saisons sur la végétation, nonobstant toutes les autres conditions particulières du site considéré.

8.10 Approche statistique

En plus des niveaux équivalents L_{eq} , les niveaux fractiles L_5 ; L_{10} ; L_{50} ; L_{90} ; L_{95} seront demandés pour chaque pondération A et C.

Pour chacun de ces indicateurs statistiques, l'émergence telle que définie par la norme NF S 31-010 sera calculée à chaque séquence du mode marche/arrêt des éoliennes.

Les émergences seront calculées à partir des niveau fractiles L_{10} , L_{50} et L_{90} .

Les émergences calculées à partir des niveaux pondérés A C et G seront notées E_A , E_C , et E_G .

Les émergences calculées à partir des niveaux par bandes de tiers d'octave seront notées E_{20Hz} , E_{25Hz} , ...

9. IDENTIFICATION

Chaque résultat de calcul de l'émergence est associé aux paramètres tracés et aux évolutions temporelles du bruit mesuré devant figurer dans le rapport :

PROPOSITION

Méthode de mesure de contrôle ou de surveillance du bruit des parcs éoliens

- ✧ Date et heure
- ✧ Vitesse et orientation du vent au niveau des éoliennes (données fournies par l'exploitant)
- ✧ Vitesse du vent au niveau du microphone
- ✧ Conditions météorologiques
- ✧ Conditions de sites (végétation, bâtiments, etc. prendre des photos)
- ✧ Composantes principales du bruit résiduel
- ✧ Niveau de bruit ambiant, en référence à la réglementation qui demande de calculer l'émergence au-dessus d'un seuil de 30 ou 35 dB(A)
- ✧ Autres

10. RAPPORT

Le contenu du rapport doit respecter celui défini par la norme NF S 31-010. Il doit donc à ce titre spécifier explicitement que « Les mesurages ont été effectués conformément à la norme NF S31-010 sans déroger à aucune de ses dispositions. »

(réf. NF S31-010 révisée, p. 45)

En plus des obligations de la norme NF S 31-010, le rapport doit contenir au moins des graphes des évolutions temporelles des niveaux Leq_{1s} et Leq_{100ms} , dans chaque pondération, A et C, permettant :

- L'observation des phases de transitions marche/arrêt pour chaque résultat d'émergence, 20 minutes avant et 20 minutes après chaque transition marche/arrêt ou arrêt/marche.
- Le repérage des intervalles de mesurage sur l'intervalle d'observation.
- L'observation fine du signal quand le bruit de la centrale éolienne est apparent.

Présenter l'histogramme de chaque journée (*) de mesure de bruit $LA_{50,1s,10\text{ min}}$ et $LA_{eq,1s, LC_{50,1s,10\text{ min}}}$ et $LC_{eq,1s}$ + vitesse et orientation du vent mesuré à la nacelle (m/s) + vent mesuré au sonomètre.

(*) afin obtenir une résolution temporelle suffisamment fine qui montre clairement les cycles marche-arrêt.

Indiquer sur les graphes temporels Leq_{1s} le codage suivant :

- Les périodes d'arrêt /marche des éoliennes
- Les événements non représentatifs à éliminer
- La vitesse et l'orientation du vent au niveau de la nacelle (données fournies par l'exploitant)

Indiquer sur les graphes du vent les informations suivantes :

- La vitesse et direction du vent au niveau de la nacelle (données fournies par l'exploitant)
- Toutes les conditions météo disponibles (température au sol, humidité, baromètre, gradient de température et de vitesse de vent, nébulosité),
- La vitesse du vent au niveau du microphone et le niveau de bruit susceptible d'être induit par le vent, les corrections liées au bruit de vent sur la bonnette anti-vent du microphone.

PROPOSITION

Méthode de mesure de contrôle ou de surveillance du bruit des parcs éoliens

Joindre l'enregistrement de la production électrique de la centrale éolienne, daté à la même horloge de temps absolu.

Joindre les enregistrements météorologiques de la station la plus proche, en indiquant sa distance à la centrale éolienne.

De plus, le rapport précisera les phénomènes de bruits pulsés, de modulation d'amplitude, ou d'autres bruits caractéristiques qui ont été observés.

Les résultats seront présentés avec les incertitudes métrologiques, et fourniront une évaluation justifiée de la précision des mesurages.

Le rapport indiquera enfin les circonstances particulières et les incidents éventuels susceptibles d'avoir agi sur les résultats.

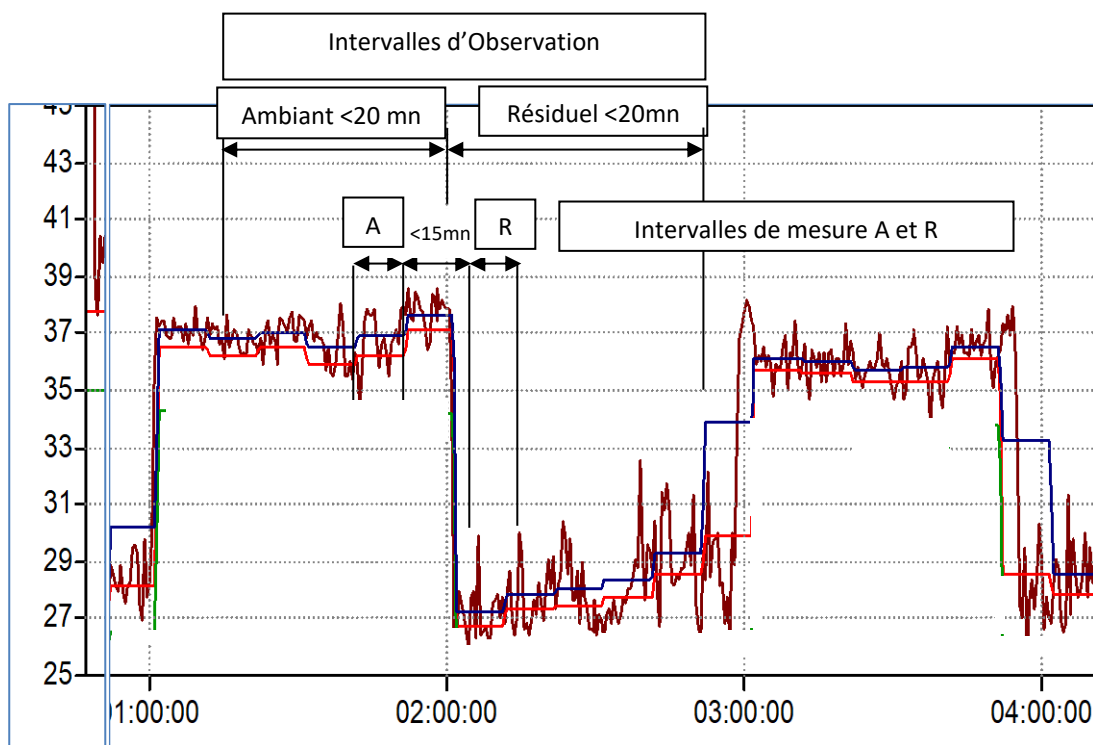
(réf. NF S31-010 révisée, p. 46)

PROPOSITION

Méthode de mesure de contrôle ou de surveillance du bruit des parcs éoliens

ANNEXE A

Exemple de tracé temporel



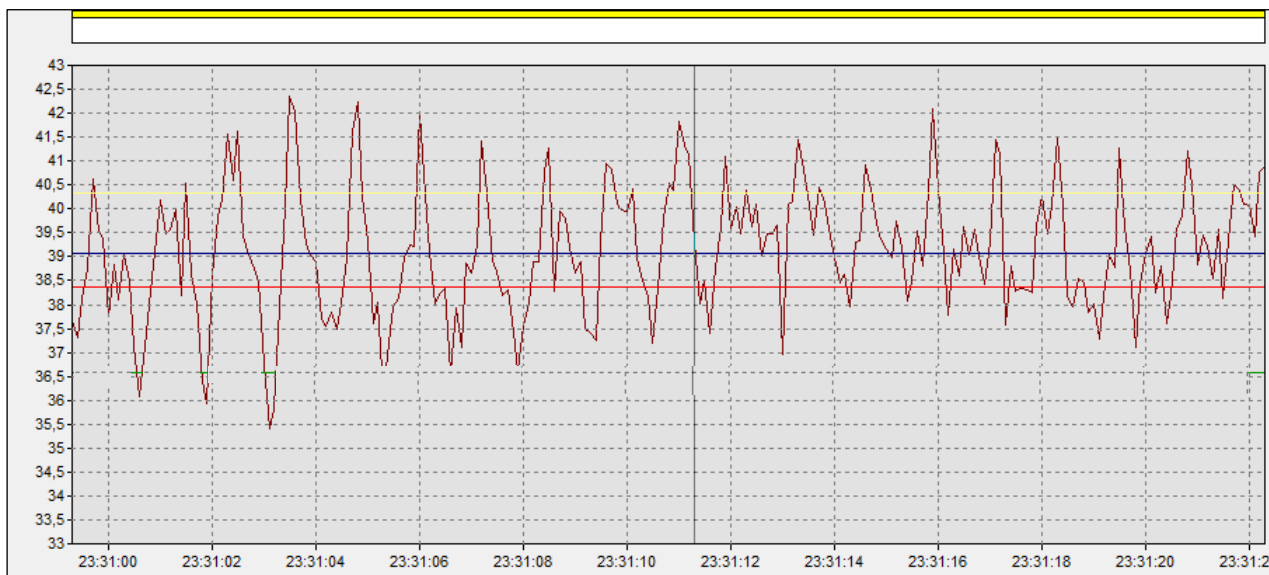
Les intervalles de mesure A et R ne sont pas éloignés de plus de 15 minutes.

PROPOSITION

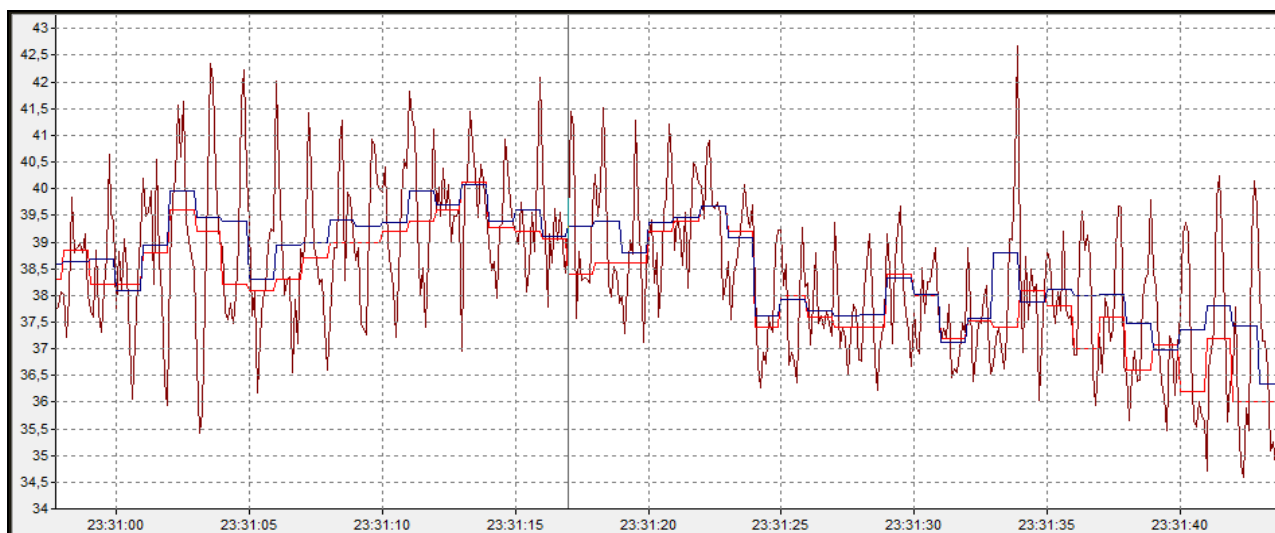
Méthode de mesure de contrôle ou de surveillance du bruit des parcs éoliens

ANNEXE B

Exemple d'observation fine du bruit ambiant, avec le LAeq, 100 ms (à compléter)



Zoom pendant 22 secondes : mise en évidence d'une période de 1,2 secondes entre deux crêtes, correspondant à une fréquence de passage de pâles de 0,8 Hz.



Evolution temporelle du LA eq,100 ms sur 40 secondes, et mise en évidence d'un battement.