



**MINISTÈRE  
DE LA TRANSITION  
ÉCOLOGIQUE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

**Protocole de mesure de l'impact acoustique  
d'un parc éolien terrestre**

version du 22 mars 2022

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Préambule</b>	<b>3</b>
1.1	Objectif du protocole .....	3
1.2	Réglementation .....	3
<b>2</b>	<b>Méthodologie</b>	<b>5</b>
2.1	Principe général.....	5
2.2	Matériel de mesure .....	6
2.3	Mesure de la vitesse et de la direction du vent .....	7
2.4	Mesures acoustiques.....	9
2.5	Détermination des indicateurs de bruit .....	11
2.6	Incertitudes.....	15
<b>3</b>	<b>Rapport de mesurage</b>	<b>16</b>
3.1	Première partie - Conditions de mesurage .....	16
3.2	Deuxième partie - Synthèse des résultats .....	17
3.3	Troisième partie - Résultats détaillés.....	17
3.4	Quatrième partie - Conclusions.....	18
	<b>Annexe 1: Définitions</b>	<b>19</b>
1	Eolienne et parc éolien .....	19
2	Acoustique.....	19
3	Aéraulique .....	21
4	Situation-types .....	21
5	Autre(s) définition(s) .....	22
	<b>Annexe 2: Bibliographie</b>	<b>23</b>
	<b>Annexe 3: Calcul de la vitesse de vent standardisée</b>	<b>24</b>
	<b>Annexe 4: Incertitudes</b>	<b>26</b>
	<b>Annexe 5: Estimation d'une médiane</b>	<b>30</b>
	<b>Annexe 6: Correction de la vitesse du vent en mode "arrêt" (méthode V2)</b>	<b>31</b>
	<b>Annexe 7: Bruit du vent sur un microphone</b>	<b>32</b>
	<b>Annexe 8: Notations et symboles principaux</b>	<b>34</b>

# 1 Préambule

## 1.1 Objectif du protocole

L'objectif du présent protocole est de cadrer la méthodologie de mesure acoustique et d'analyse de données permettant de vérifier la conformité d'un parc éolien relevant du régime de l'autorisation ou de la déclaration, en application de la réglementation nationale (*article 26 de l'arrêté ministériel du 26 août 2011 modifié relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des ICPE ou le point 8 de l'annexe I de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à déclaration au titre de la rubrique 2980 de la législation des ICPE*) ou des dispositions plus contraignantes imposées par un arrêté préfectoral sur la base d'enjeux particuliers.

Par ailleurs, ce protocole impose les éléments et résultats qui devront être présentés dans le rapport d'étude afin de permettre à l'administration de statuer sur la conformité réglementaire de l'installation ou, le cas échéant, d'identifier les mesures correctives sur lesquelles l'exploitant s'engage et qui devront être prescrites par arrêté préfectoral complémentaire.

Il n'est pas attendu que le bureau d'étude se positionne quant à la conformité réglementaire acoustique du parc éolien qui relève de la compétence de l'administration.

## 1.2 Réglementation

La réglementation nationale impose d'apprécier l'impact du bruit généré par une installation éolienne, et sa conformité à des seuils, selon 3 critères :

- Le niveau de bruit maximal en tout point d'un périmètre de mesure du bruit dans l'environnement proche des aérogénérateurs ;
- Le niveau d'émergence au droit des zones à émergence réglementée<sup>1</sup>. L'émergence est définie comme la différence entre les niveaux de pression acoustiques pondérés A du bruit ambiant (avec l'installation objet du contrôle en fonctionnement) et du bruit résiduel (en l'absence du bruit généré par l'installation objet du contrôle) ;
- La tonalité marquée du bruit particulier de l'établissement.

Nota : Le bruit résiduel intègre les bruits générés par les autres éléments, naturels ou anthropiques, qu'ils s'agissent d'autres installations classées pour la protection de l'environnement (exemple : élevage agricole, éoliennes, etc.) ou des équipements d'autre nature (exemple : infrastructures routières, ligne ferroviaire, etc.) présents dans l'environnement. Dans le cas d'une modification substantielle d'un parc éolien existant, le bruit ambiant correspond au bruit produit par les aérogénérateurs préexistants et les nouvelles machines.

**Pour le niveau de bruit maximal**, la conformité réglementaire s'apprécie au regard de seuils de 70 dBA pour la période jour et de 60 dBA pour la période nuit, en tout point du périmètre de mesure de bruit de l'installation, qui correspond au plus petit convexe dans lequel sont inscrits les disques centrés sur chaque aérogénérateur et de rayon R. Ce périmètre est établi sur le principe du schéma ci-dessous (tracé en rouge)

---

<sup>1</sup> Zones à émergence réglementée (ZER) :

- L'intérieur des immeubles habités ou occupés par des tiers, existant à la date de l'autorisation pour les installations nouvelles ou à la date du permis de construire pour les installations existantes, et leurs parties extérieures éventuelles les plus proches (cour, jardin, terrasse) ;
- Les zones constructibles définies par des documents d'urbanisme opposables aux tiers et publiés à la date de l'autorisation pour les installations nouvelles ou à la date du permis de construire pour les installations existantes ;
- L'intérieur des immeubles habités ou occupés par des tiers qui ont fait l'objet d'une demande de permis de construire, dans les zones constructibles définies ci-dessus, et leurs parties extérieures éventuelles les plus proches (cour, jardin, terrasse), à l'exclusion de celles des immeubles implantés dans les zones destinées à recevoir des activités artisanales ou industrielles, lorsque la demande de permis de construire a été déposée avant la mise en service industrielle de l'installation.

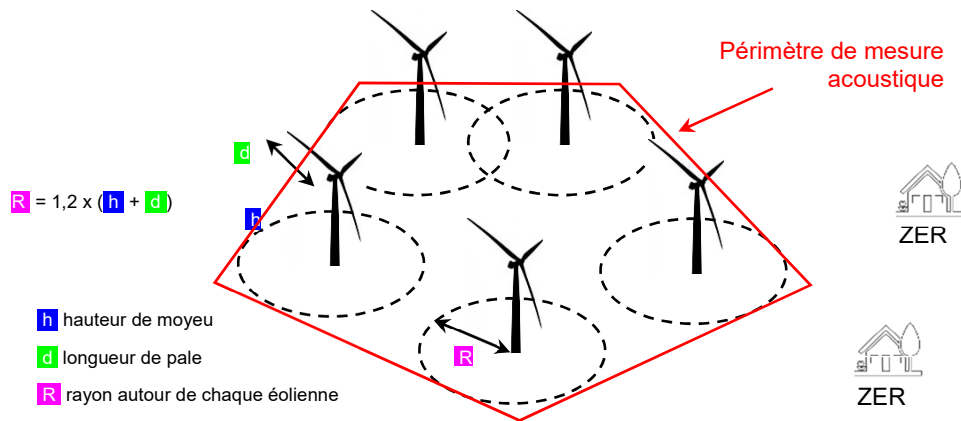


Figure 1 : Périmètre du parc éolien pour la mesure de bruit maximal

Dans le cas d'une ZER contenue à l'intérieur du périmètre défini dans le schéma ci-dessus, on complètera pour cette ZER le périmètre ci-dessus en considérant le polygone convexe adjacent aux points les plus proches de la ZER situés sur les cercles de rayon R centrés sur le mât des éoliennes (cf. principe du schéma ci-dessous) :

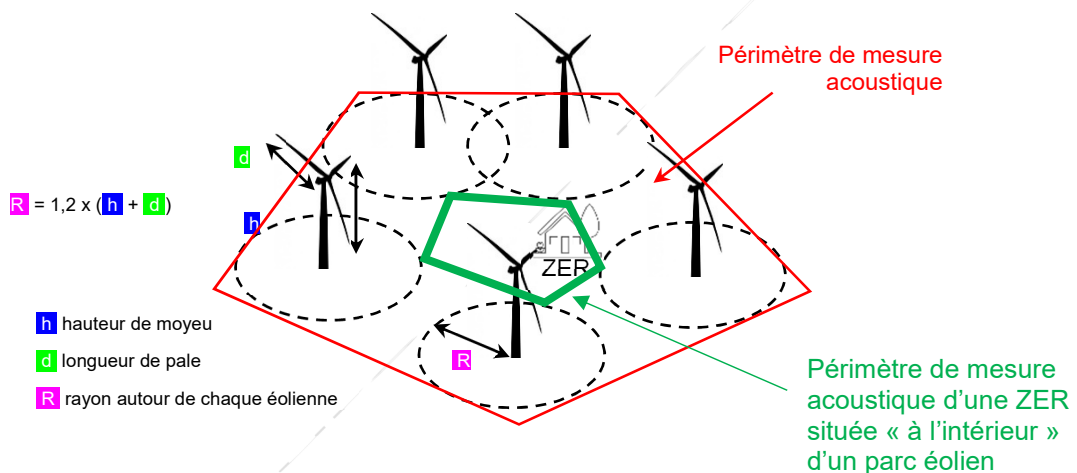


Figure 2 : Périmètre du parc éolien pour la mesure de bruit maximal – cas de ZER intérieures au périmètre

**Pour le niveau d'émergence**, la conformité réglementaire s'apprécie uniquement lorsque le niveau de bruit ambiant (avec l'installation objet du contrôle en fonctionnement) dans les zones à émergence réglementées est supérieur à 35 dBA. Aucune valeur maximale d'émergence n'est opposable en deçà de ce niveau de bruit ambiant.

Les émissions sonores du parc éolien objet du contrôle ne doivent pas être à l'origine d'émergences supérieures à :

- 5 dBA en la période "de jour" (7h00 - 22h00)
- 3 dBA en la période "de nuit" (22h00 - 7h00)

**Pour la tonalité marquée du bruit particulier de l'établissement**, telle que définie au point 1.9 de l'annexe à l'arrêté ministériel du 23 janvier 1997 relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les ICPE, la durée d'apparition ne peut excéder 30 % de la durée de fonctionnement du parc éolien dans chacune des périodes de jour et de nuit. Ce bruit doit être mesuré au niveau du périmètre de mesure de bruit de l'installation mentionné ci-dessus.

## 2 Méthodologie

### 2.1 Principe général

Ce paragraphe présente les grands principes du protocole de mesure. Les détails de la procédure sont donnés dans les paragraphes suivants.

La campagne de mesure est effectuée à la période jugée la plus favorable pour pouvoir obtenir des données conclusives sur le maximum de classes de vent représentatives des conditions de long terme du site. Les DREAL pourront prescrire des mesures supplémentaires si cela est jugé nécessaire au regard des conclusions rencontrées lors des mesures et des situations types recherchées.

De plus, dans le cas spécifique de traitement d'une plainte, le rapport ne pourra pas être jugé recevable tant qu'il ne conclue pas sur les conditions de vents rencontrées au regard des conditions de la plainte (situations types, vitesse et direction de vent).

Durant toute la campagne de mesures, le fonctionnement du parc éolien suit des cycles marche/arrêt réguliers. Durant chaque période de marche, on évalue les niveaux sonores au niveau d'une ZER sur des intervalles réguliers (Figure 3). On mesure simultanément sur ces intervalles la vitesse de vent moyenne associée à chacun de ces intervalles afin d'obtenir une classification des niveaux sonores en fonction de la vitesse de vent. Pour chaque classe de vitesse de vent, on calcule ensuite la médiane des niveaux sonores représentatifs de cette classe pour la période de bruit ambiant. On procède de la même façon au cours des phases d'arrêt du parc pour obtenir un indicateur sonore représentatif de cette classe pour la période de bruit résiduel.

L'indicateur d'émergence est finalement estimé pour chaque classe de vitesse de vent en calculant la différence entre l'indicateur sonore représentatif du bruit ambiant et l'indicateur sonore représentatif du bruit résiduel. Cette valeur est associée à chaque classe de vitesse de vent, ainsi qu'à différents paramètres complémentaires (période de la journée et direction de vent par exemple), afin d'obtenir à la fin de la campagne de mesure une classification de l'indicateur d'émergence en fonction de la vitesse de vent, pour différentes situation-types définies par les paramètres complémentaires.

La classification obtenue **pour chaque situation-type** (voir paragraphe 4 de l'annexe 1) permettra de comparer pour chaque classe de vent un indicateur d'émergence avec un seuil réglementaire. La campagne de mesure peut être scindée en plusieurs périodes de mesures non consécutives réalisées à différents moments de l'année (ex : une mesure en hiver et une mesure en été). Généralement, chaque période correspondra à une situation-type différente qu'il conviendra de distinguer spécifiquement.

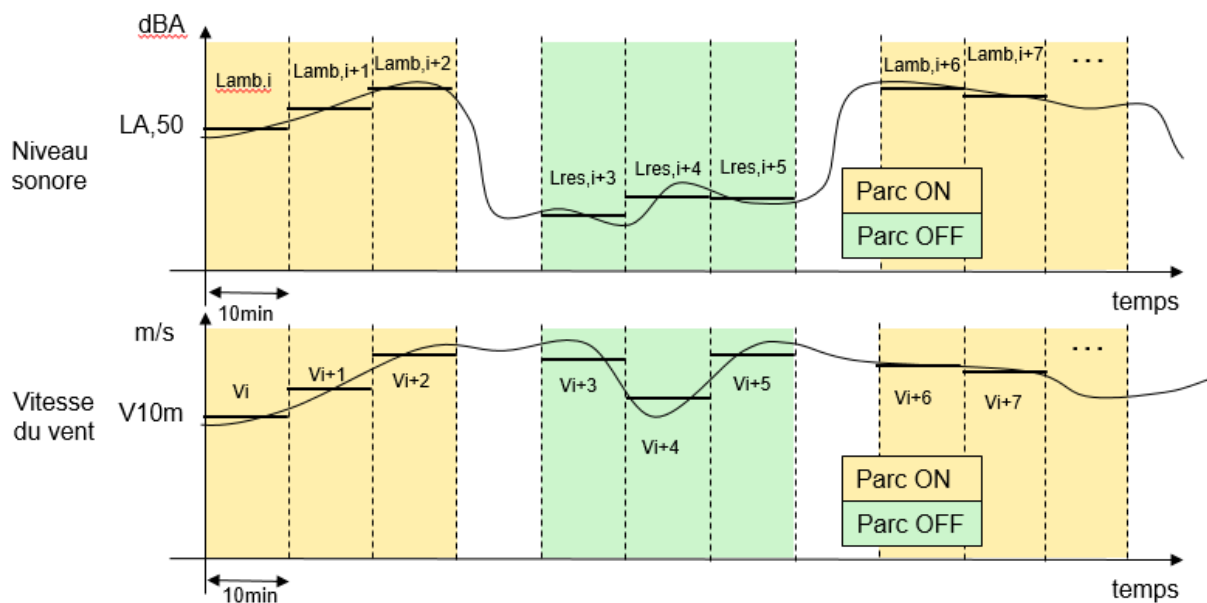


Figure 3 - Mesures des niveaux sonores ambiants ( $L_{amb}$ ) et résiduels ( $L_{res}$ ), et des vitesses de vents moyennes. Parc ON : parc en marche. Parc OFF : parc à l'arrêt.

Les définitions et terminologies particulières sont données en annexe 1. Les notations et symboles principaux sont donnés en annexe 8. L'application des indications figurant dans ce document avec la mention « Bonne pratique » n'ont pas de caractère obligatoire, elles constituent des compléments d'informations qui peuvent néanmoins être utiles pour une bonne mise en œuvre ou analyse de la campagne de mesure.

## 2.2 Matériel de mesure

Toutes les données recueillies doivent être horodatées. L'horodatage de tous les appareillages doit être synchronisé au moins une fois sur une référence temporelle commune.

### 2.2.1 Matériel de mesure acoustique

Les prescriptions concernant la chaîne de mesure acoustique sont les suivantes :

- Appareillage (enregistreur avec son microphone, sa connectique et son amplificateur) approuvé au sens de l'arrêté ministériel du 27/10/1989 relatif à la construction et au contrôle des sonomètres, de type intégrateur et conforme à la classe 1 au sens des normes NF EN 61672-1 [1], ou une chaîne de mesure aux performances équivalentes, permettant la détermination directe du niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A.
- Le bruit de fond de la chaîne de mesure doit être compatible avec la dynamique des signaux à mesurer. Le signal à mesurer doit être supérieur d'au moins 10 dBA par rapport au bruit de fond de la chaîne de mesure.
- Il est recommandé d'effectuer des enregistrements audio au cours de la campagne de mesure, en particulier dans le cas de traitement d'une plainte. L'enregistrement audio ayant pour vocation première à être utilisé lors d'une réécoute en post traitement afin de faciliter l'identification d'éventuels bruits perturbateurs, son stockage sous un format compressé (type MP3 ou autre) est accepté. Les enregistrements audio doivent être réalisés dans le respect des procédures et réglementations en vigueur concernant l'exploitation des données, notamment en ce qui concerne les accords des résidents.
- La chaîne de mesure doit être étalonnée et le montage permettant le contrôle d'étalonnage de toute cette chaîne de mesure doit être conforme aux instructions du constructeur.

L'appareillage, le calibreur et les accessoires associés doivent être vérifiés périodiquement par un organisme agréé conformément à l'arrêté du 27 octobre 1989 relatif à la construction et au contrôle des sonomètres dans sa version en vigueur au moment de la réalisation de la vérification périodique. Cette vérification doit être effectuée *a minima* :

- tous les deux ans pour les instruments conformes à un modèle approuvé, ayant satisfait à la vérification primitive depuis dix ans au plus ;
- tous les ans pour les autres instruments.
- La chaîne de mesure doit être auto-vérifiée au moins tous les six mois, ou après chaque modification suivant une méthode faisant l'objet d'une procédure d'assurance qualité. Le descriptif de cette méthode doit être disponible et pouvoir être joint au rapport de mesurage. L'application de la norme NF S 31-117 [2] permet de répondre aux exigences d'auto vérification.
- La chaîne de mesure doit être étalonnée sur le terrain à l'aide d'un calibreur acoustique, avant et après la mesure. L'utilisation de la norme NF EN 60942 [3], est réputé conforme à la réglementation. Un écart d'étalonnage dont la valeur absolue est supérieure à 0,5 dBA entraîne l'invalidation des mesures recueillies entre ces deux instants.
- Lors d'une mesure en milieu extérieur, le microphone doit être équipé d'une protection anti vent d'un diamètre supérieur ou égal à 7 cm.

## 2.2.2 Matériel de mesure météorologique

- Vitesse de vent

Le dispositif de mesure doit être capable de mesurer la vitesse moyenne du vent sur un intervalle de mesure synchrone et identique à celui des sonomètres. L'écart maximum toléré (EMT) de l'instrument de mesure devra être inférieur à 0,5 m/s en valeur absolue sur une plage de vent comprise entre 3 et 20m/s.

- Direction du vent

Le dispositif de mesure doit être capable de mesurer la direction moyenne du vent sur un intervalle de mesures synchrone et identique à celui des sonomètres. L'écart maximum toléré (EMT) de l'instrument de mesure devra être inférieur à 10°.

## 2.3 Mesure de la vitesse et de la direction du vent

La méthode de mesurage du vent doit être sélectionnée en fonction des caractéristiques du site étudié. Le logigramme de la

Figure 4 indique la méthode à utiliser parmi 4 méthodes (V1a, V1b, V2, V3). Les méthodes sont présentées ci-dessous selon un ordre de fiabilité décroissant, mais aussi de stabilité entre les périodes de fonctionnement et d'arrêt.

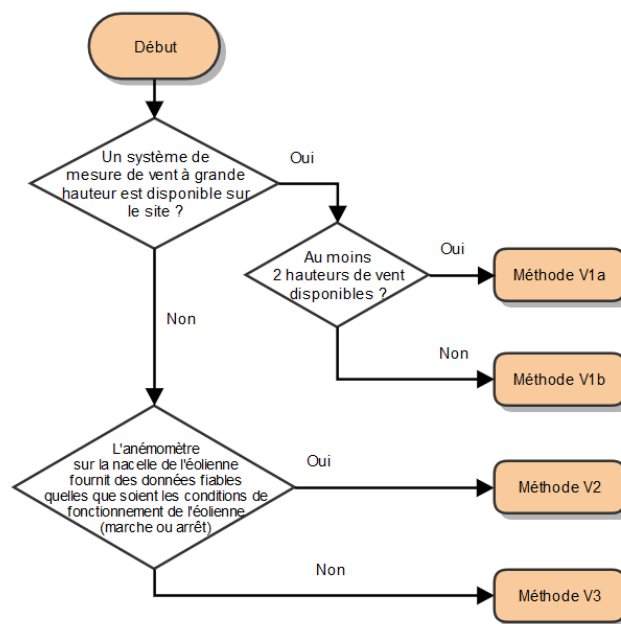


Figure 4 : Logigramme fournissant la méthode de mesure du vent à utiliser

Une description du système de mesures des conditions de vent sur site retenu pendant la campagne doit être fournie dans le rapport afin de présenter la méthode de standardisation de la vitesse utilisée.

- **Méthode V1a et V1b : mesure à l'aide d'un système de mesure à grande hauteur**

Lorsque le site est équipé d'un système de mesure à grande hauteur (mât équipé, Lidar, Sodar ...), la hauteur de mesure du vent devra être supérieure à la moitié de la hauteur du moyeu. Le contexte local (topographie, végétation) peut influencer l'homogénéité spatiale du champ de vent sur l'ensemble du parc : la représentativité spatiale et temporelle des mesures du système à l'échelle du parc entier doit être justifiée dans le rapport. Celle-ci peut par exemple s'appuyer sur des études aérauliques si elles sont disponibles.

La vitesse standardisée est calculée suivant les prescriptions fournies en annexe 3 (Tableau 1), et suivant

le nombre de points de mesure, de hauteurs différentes, disponibles : 2 hauteurs disponibles dont la plus petite est supérieure à 10 m et la plus grande supérieure à la mi-hauteur du moyeu (Méthode V1a), ou 1 hauteur disponible (Méthode V1b).

La direction du vent est égale à la direction du vent mesurée au point du système le plus proche de la hauteur de la nacelle.

- **Méthode V2 : utilisation des données mesurées par l'éolienne**

Si le site n'est pas équipé d'un système de mesure à grande hauteur, et si les données mesurées par l'anémomètre en nacelle des éoliennes sont considérées comme fiables quelles que soient les conditions de fonctionnement des éoliennes (arrêt ou marche), on utilisera les données fournies par les anémomètres situés en nacelle pour calculer la vitesse de vent standardisée.

L'anémomètre en nacelle d'une l'éolienne est considéré comme fiable s'il vérifie les prescriptions du §2.2.2 aussi bien pendant les périodes de marche que pendant les périodes d'arrêt de l'éolienne, et si, pour des conditions de vent identiques, il fournit des résultats de mesure de vent similaires, que les éoliennes soit en mode marche ou en mode arrêt.

Bonne pratique : la valeur des vitesses de vent relevées durant les modes « arrêt » peuvent être corrigées au niveau de chaque éolienne pour tenir compte de la perturbation possible de l'influence des pales sur l'écoulement de l'air au niveau de l'anémomètre. La technique de correction est donnée en annexe 6.

La vitesse standardisée est calculée en utilisant :

- la médiane des vitesses de vent standardisée de toutes les éoliennes du parc si celui-ci a 6 éoliennes ou moins ;
- la médiane des 3 vitesses de vent standardisées des 3 éoliennes les plus proches du point de mesure acoustique si le parc a 7 éoliennes ou plus.

La vitesse standardisée au niveau de chaque éolienne est calculée suivant les prescriptions fournies en annexe 3 (Tableau 1, méthode V2).

On procède de la même façon concernant la direction du vent en utilisant la direction du vent fournie par les girouettes des nacelles.

Bonne pratique : installation d'un **mât à 10 m** pour validation de certaines données

- Validation de la direction du vent (il arrive qu'un grand nombre d'éoliennes soient décalées d'un offset angulaire considérable (40° par exemple...);
- Validation des horloges des éoliennes (certaines éoliennes sont mal mises à l'heure ; décalage de 20 mn par exemple), et on constate des erreurs entre heure d'été, d'hiver ou UTC, et entre heure de début ou fin de période de 10 mn ;
- Estimation (qualitative) du gradient de vent (en 2 classes au minimum) permettant de classer les occurrences et limiter l'épaisseur des nuages de points. Cette pratique est valable uniquement en cas de site non complexe.

- **Méthode V3 : utilisation d'un mât de 10 mètres**

Lorsque les méthodes V1 et V2 ne sont pas applicables, et que la topographie du site n'est pas complexe, l'utilisation d'un mât de mesure de 10 mètres est tolérée.

Il est important de noter qu'on ne confondra pas une vitesse de vent mesurée à 10 mètres du sol et une vitesse de vent standardisée à 10 mètres. Ces deux grandeurs sont totalement différentes.

La position envisagée pour ce mât de 10 mètres devra se situer en terrain non complexe au sens de la norme IEC 61400-1 §11.2 [5]. Ce point doit faire l'objet d'une justification dans le rapport acoustique. Si le site ne permet pas un tel positionnement, le choix de la position du mât devra être justifié de manière détaillée dans le rapport de mesure.

Le mât doit être éloigné d'une distance supérieure ou égale à 10 fois la hauteur de l'obstacle situé au vent du mât. Un obstacle est considéré au vent du mât s'il est situé dans un angle de +/- 15° par rapport à l'axe provenance du vent – mât (Figure 5).

La vitesse standardisée est calculée suivant les prescriptions fournies en Annexe 3 (Tableau 1, méthode



V3).

La direction du vent est égale à la direction du vent fournie par l'anémomètre du mât de mesure à 10m du sol.

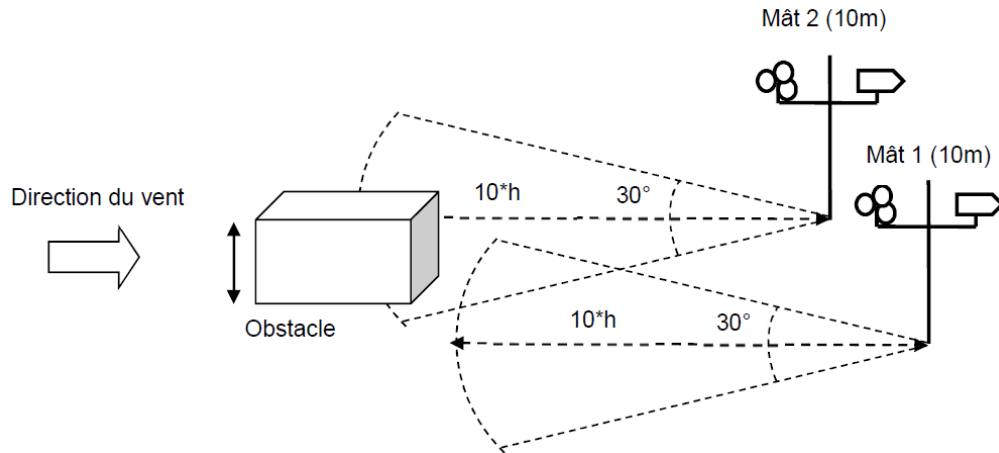


Figure 5 : Positionnement du mât de 10m pour un vent provenant de la gauche du schéma. La mesure du mât 1 (d'une hauteur de 10 mètres) n'est pas impactée par l'obstacle ; la mesure du mât 2 (d'une hauteur de 10 mètres) est impactée par l'obstacle.

## 2.4 Mesures acoustiques

### 2.4.1 Emplacement des points de mesures

- **Mesures réalisées dans le cadre de l'instruction d'une plainte**

Le point de mesure acoustique est placé à l'endroit où la plainte est exprimée, suivant les indications du plaignant (ex : au niveau du lit dans une chambre, à l'extérieur sur une terrasse, etc.).

Une plainte peut être déposée auprès de l'autorité administrative (préfet) ou judiciaire.

- **Mesures réalisées en dehors du cadre de l'instruction d'une plainte**

#### Points en ZER

Chaque ZER retenue dans l'étude d'impact doit comporter au moins un point de mesure, à l'exception des sites inaccessibles pour cause de refus d'accès par le propriétaire ou les ayants droit. Par ailleurs, des ZER peuvent être exclues par le bureau d'étude sur justification de l'absence de point de mesure pertinent possible. Plusieurs ZER peuvent être regroupées entre elles et ne comporter qu'un seul point de mesure si elles sont exposées à une même émergence sonore du parc éolien (même bruit du parc éolien et bruit résiduel similaire). Ces choix de regroupement doivent être justifiés dans le rapport de mesure. Le bureau d'étude peut proposer l'ajout d'un nouveau point de mesure s'il l'estime nécessaire au regard du contexte du parc.

A l'intérieur de chaque ZER, les points de mesures sont localisés soit au niveau des bâtiments d'habitation les plus proches du parc éolien, soit au niveau de tout autre endroit où l'émergence serait jugée plus forte par le bureau d'étude. Les localisations retenues doivent être justifiées et doivent permettre de s'assurer d'une représentativité de la situation sonore extérieure habituelle que l'on veut caractériser. On pourra s'appuyer sur les résultats de l'étude d'impact pour sélectionner les emplacements les plus pertinents.

Chaque point de mesure est positionné de sorte que le bâtiment considéré ne doit pas constituer un obstacle à la représentativité de la mesure. Par ailleurs les points localisés au niveau d'un bâtiment sont positionnés à l'extérieur à 2 m en avant d'une façade faisant face au parc éolien, de préférence en face d'une pièce de vie de l'habitation (chambre, salon ...), à une hauteur de 1,5 m +/- 0,3 m au-dessus du plancher de l'étage où se situe la pièce de vie choisie. Si l'emplacement de mesurage se trouve en face d'une fenêtre, celle-ci doit être fermée pendant les mesurages. Les fenêtres entrebâillées sont tolérées à condition que l'intervalle d'ouverture n'excède pas 10 cm. Les points localisés ailleurs qu'au niveau d'un bâtiment sont positionnés à une hauteur de 1,5 m +/- 0,3 m.

Une description des localisations des points de mesures doit être fournie dans le rapport ainsi qu'une justification du choix d'une habitation au sein des ZER.

### Points en périmètre du parc

#### - Estimation du niveau sonore maximal

Un point de mesure de bruit est positionné face à la ZER la plus proche du périmètre du parc éolien. Ce point est localisé sur le périmètre du parc tel que défini à la section 1.2, au plus proche de la ZER sélectionnée, à l'intérieur d'un des deux secteurs définis par des angles  $\pm 60^\circ$  par rapport à la direction du vent (voir Figure 6) et de l'éolienne la plus proche de la ZER sélectionnée.

**Le bureau d'étude devra indiquer si ce point est représentatif du niveau sonore maximal sur le périmètre de mesure acoustique du parc éolien (notamment sur la base du / des couples secteur de vent / direction de vent rencontré(s) lors de cette mesure et en s'assurant que la production électrique des éoliennes est à leur niveau de production maximum lors des mesures) ou s'il est nécessaire de prévoir la mesure sur un ou plusieurs autres points.**

Chaque point doit se situer à une hauteur de 1,5 m  $\pm 0,3$  m par rapport au niveau du sol.

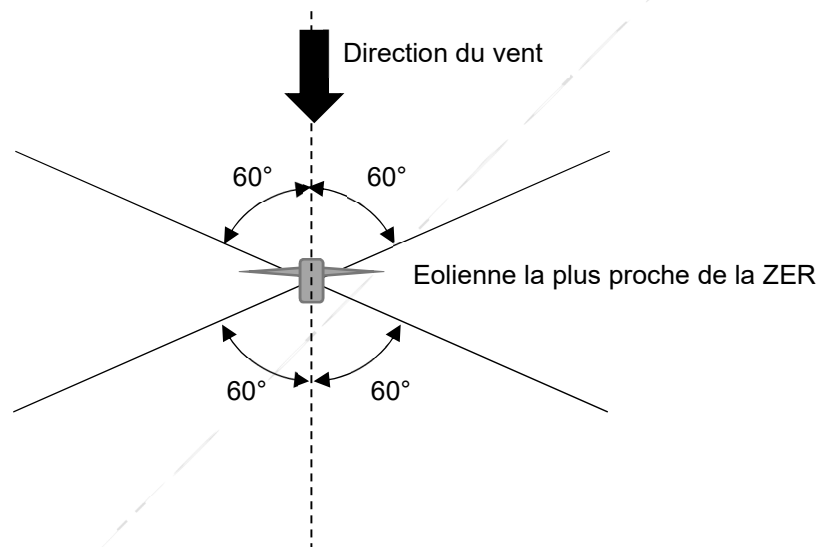


Figure 6 : Définition des secteurs de positionnement des points en périmètre de parc

#### - Détection de la présence de tonalités marquées

Le(s) point(s) de mesure pour la détection des tonalités marquées sont les mêmes que celui/ceux correspondant à l'estimation du niveau sonore maximal.

### 2.4.2 Fonctionnement du parc éolien pendant la période de mesure acoustique

Le parc éolien est soumis à des cycles de marche/arrêt durant toute la durée de la campagne de mesure. Si nécessaire, les cycles marche/arrêt peuvent être interrompus ou repris au cours de la campagne de mesure, en fonction des données déjà acquises ou pour des nécessités impératives de productions qui seront à justifier dans le rapport de mesure.

La définition des conditions de fonctionnement normal d'un parc au sens du présent document et utilisée par la suite est donnée en annexe 1.

### 2.4.3 Transition, intervalles de base, intervalles d'observation

Le passage du parc éolien d'un mode de fonctionnement 'marche' à un mode de fonctionnement 'arrêt' (ou inversement) est appelé **transition**.

Pour chaque transition, on détermine de part et d'autre de celle-ci un **intervalle d'observation de bruit ambiant** et un **intervalle d'observation de bruit résiduel** tels que décrit dans l'annexe 1. Chaque intervalle d'observation contient plusieurs intervalles de base d'une durée de 10 minutes (Figure 7). Le début de chaque intervalle de base sera choisi de façon à être synchrone avec le début d'une période de mesure du vent.

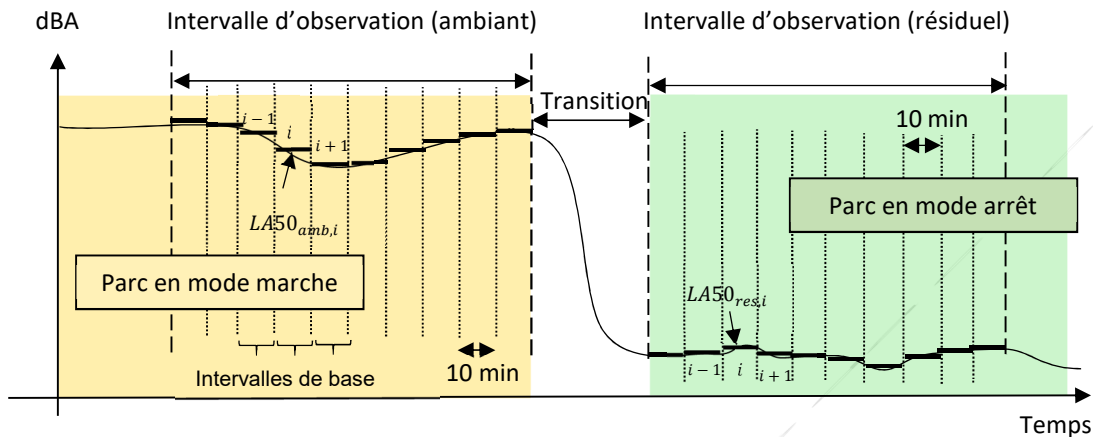


Figure 7 : Intervalles de base, intervalle d'observation, périodes de fonctionnement du parc éolien.

## 2.5 Détermination des indicateurs de bruit

### 2.5.1 Estimation des niveaux sonores de bruit ambiant et de bruit résiduel pour chaque intervalle de base – points en ZER

Pour chaque intervalle de base  $i$  contenus dans les intervalles d'observation du bruit ambiant et du bruit résiduel, on calcule les **niveaux sonores de bruit ambiant  $L_{amb,i}$**  et de **bruit résiduel  $L_{res,i}$**  à partir des indices fractiles  $LA_{50,10\text{ min}}$  obtenus à partir des niveaux sonores élémentaires  $LA_{eq,1s}$ .

### 2.5.2 Estimation des niveaux sonores de bruit ambiant – points en périmètre acoustique du parc

Pour chaque intervalle de base  $i$  relevés au cours d'une période de fonctionnement marche du parc utilisée pour l'estimation du niveau sonore maximal, on calcule le **niveau sonore de bruit ambiant  $L_{amb,i}$**  à partir des indices fractiles  $LA_{50,10\text{ min}}$  obtenus à partir des niveaux sonores élémentaires  $LA_{eq,1s}$ .

### 2.5.3 Traitement des données, validation des intervalles de bases

Les traitements décrits ci-dessous sont destinés à valider ou invalider chaque intervalle de base. Ils s'appliquent aussi bien aux points en ZER qu'en périmètre du parc.

#### 2.5.3.1 Fonctionnement du parc éolien

Tous les intervalles de base d'un intervalle d'observation doivent être exclus de l'analyse si le parc n'est pas en mode de fonctionnement normal (au sens de la définition donnée en annexe 1) durant cet intervalle d'observation.

#### 2.5.3.2 Bruit généré par le vent sur le microphone

Un mesurage de la vitesse de vent doit être effectué à proximité du microphone (distance inférieure à 5 m et dans des conditions d'écoulement similaire à celui dans lequel se trouve le microphone) et à la

même hauteur que celui-ci afin de s'assurer que le bruit généré par le vent sur le microphone ne perturbe pas la mesure de façon significative. L'anémomètre utilisé pour le mesurage de cette vitesse ne doit pas engendrer une hausse du niveau sonore au niveau du microphone supérieur à 0,1 dBA pour toutes les conditions de mesurage de la campagne de mesure. La période d'échantillonnage de la mesure de vent doit être inférieure ou égale à 10 secondes.

Les intervalles de base pour lesquels la moyenne sur 10 minutes des vitesses de vent au niveau du microphone dépasse la vitesse de vent maximale  $V_{max}$  qui figure dans les tableaux de l'annexe 7 doivent être considérés comme invalides et être écartés des analyses.

### 2.5.3.3 Événements de courte durée et de forte intensité, ou non représentatifs

Un examen des données mesurées est nécessaire pour supprimer l'apparition d'événements sonores jugés comme non représentatifs de la situation que l'on souhaite caractériser.

Les intervalles de base appartenant à un intervalle d'observation au cours duquel aura été relevée une pluviométrie non nulle sont considérés comme invalides.

Les données de pluviométrie utilisées doivent être horodatées avec un pas de temps de 10 min. Si les données disponibles sont horodatées avec un pas de temps supérieur, il y a lieu de les ré-échantillonner au pas de temps 10 min en affectant une fraction de la pluviométrie à chaque sous période de 10 min (ex : affecter 1/3 de la pluviométrie 30 min à chaque sous intervalle de 10 min).

Les intervalles de base qui suivent l'arrêt d'une période pluvieuse doivent faire l'objet d'un examen particulier sur une durée de 30 min afin d'évaluer si la présence de la pluie dans l'environnement impacte significativement le bruit résiduel ou le bruit ambiant, auquel cas il y a lieu de les considérer comme invalides.

Ces traitements devront être motivés par des observations sur site ou grâce à l'écoute des enregistrements audio. Ils pourront s'appuyer sur l'analyse d'autres indices statistiques (L90, LAeq), ou sur l'analyse par bande d'octave.

Durant les périodes de bruit ambiant, les événements courts imputables au parc éolien (ex : bruit de machinerie) ne doivent pas être supprimés, mais faire l'objet d'une analyse séparée.

Concernant les enregistrements audio, leur conservation, notamment dans le cadre de leur exploitation, devra obligatoirement être assujettie à un accord des résidents des lieux investigués.

### 2.5.4 Estimation des vitesses de vent pour chaque intervalle de base

Pour chaque intervalle de base  $i$ , les vitesses de vent standardisées  $V_{amb,i}$  et  $V_{res,i}$  des périodes d'observation de bruit ambiant ou résiduel sont déterminées simultanément aux niveaux sonores en suivant les prescriptions du §2.3.

### 2.5.5 Détection de tonalités marquées

Ce traitement est à effectuer pour le(s) point(s) de mesure du niveau sonore maximal situé(s) sur le périmètre de mesure du bruit de l'installation. On procède de la façon suivante :

- 1 – Evaluer la durée de la totalité de la période de fonctionnement de l'installation qui a été utilisée pour estimer le niveau sonore maximal (ex : si 5 heures de mesures ont été nécessaires pour identifier la période d'une heure la plus impactante en termes de niveau sonore, il faut considérer une durée de fonctionnement de 5 heures).

- 2 – Sommer le nombre de secondes pendant laquelle une tonalité marquée est détectée pendant cette période de fonctionnement de l'installation. Une tonalité marquée est détectée à partir du spectre non pondéré de tiers d'octave quand les différences algébriques du niveau sonore d'une bande de fréquence et la moyenne énergétique des deux bandes adjacentes immédiatement inférieures d'une part, et immédiatement supérieures d'autre part, atteignent ou dépassent toutes les deux 10 dB pour les bandes de tiers d'octave 50 à 315 Hz, ou 5 dB pour les bandes de tiers d'octave 400 à 1250 Hz et 1600 à 8000 Hz.

3 – Calculer le rapport entre la somme calculée précédemment et la durée de fonctionnement de l'installation pour estimer le pourcentage d'apparition de la tonalité marquée. Il ne doit pas être supérieur à 30 %.

4 – Si, au regard des conditions locales (ex : suspicion de défaillance mécanique d'une éolienne, conditions de vent rencontrées), le bureau d'étude estime qu'un autre point de mesure serait plus significatif en terme de mesure des tonalités marquées, des mesures complémentaires devront être effectuées afin d'évaluer un taux d'apparition plus représentatif.

## 2.5.6 Calcul des indicateurs de bruit et d'émergence en fonction de la vitesse du vent

Ce calcul ne concerne que les points en ZER.

Pour chaque **situation-type**, une classification des niveaux sonores de bruit ambiant  $L_{amb,i}$  et de bruit résiduel  $L_{res,i}$  est effectuée en fonction de la vitesse du vent mesurée sur les mêmes intervalles de base (§2.5.1). Les classes de vent sont déterminées suivant la méthode donnée en annexe 1.

### 2.5.6.1 Estimation des indicateurs bruts de niveau sonore de bruit résiduel et de bruit ambiant

Pour chaque classe de vent k contenant **au moins**  $N_{amb,k} = 10$  échantillons de niveau sonores de bruit ambiant, on calcule :

- $\tilde{L}'_{amb,k}$  : la médiane des niveaux sonores de bruit ambiant  $L_{amb,k,i}$  appartenant à la classe k
- $\bar{V}_{amb,k} = \frac{1}{N_{amb,k}} \sum_{i=1}^{N_{amb,k}} V_{amb,k,i}$  : moyenne des vitesses de vent  $V_{amb,k,i}$  associées aux niveaux sonores de bruit ambiant  $L_{amb,k,i}$  appartenant à la classe k

Pour chaque classe de vent k contenant **au moins**  $N_{res,k} = 10$  échantillons de niveau sonores de bruit résiduel, on calcule :

- $\tilde{L}'_{res,k}$  : la médiane des niveaux sonores de bruit résiduel  $L_{res,k,i}$  appartenant à la classe k
- $\bar{V}_{res,k} = \frac{1}{N_{res,k}} \sum_{i=1}^{N_{res,k}} V_{res,k,i}$  : moyenne des vitesses de vent  $V_{res,k,i}$  associées aux niveaux sonores de bruit résiduel  $L_{res,k,i}$  appartenant à la classe k

### 2.5.6.2 Estimation des indicateurs de niveau sonore de bruit résiduel et de bruit ambiant centrés sur les classes de vitesse de vent

Pour chaque classe de vitesse de vent k, on estime **les indicateurs de niveau sonore de bruit ambiant ou de bruit résiduel**  $\tilde{L}_k$  associé au centre  $V_k$  de chaque classe de vitesse de vent k en effectuant une interpolation linéaire avec les valeurs des classes de vents adjacentes lorsque cela est possible (les indices 'amb' et 'res' sont omis ci-dessous par commodité de notation) :

- Si  $\bar{V}_k > V_k$ 
  - o  $N_{k+1} \geq 10$  :  $\tilde{L}_k = (1-t) \cdot \tilde{L}'_k + t \cdot \tilde{L}'_{k+1}$ , avec  $t = \frac{V_k - \bar{V}_k}{\bar{V}_{k+1} - \bar{V}_k}$
  - o  $N_{k+1} < 10$  :  $\tilde{L}_k = \tilde{L}'_k$
- Si  $\bar{V}_k < V_k$ 
  - o  $N_{k-1} \geq 10$  :  $\tilde{L}_k = (1-t) \cdot \tilde{L}'_k + t \cdot \tilde{L}'_{k-1}$ , avec  $t = \frac{V_k - \bar{V}_k}{\bar{V}_{k-1} - \bar{V}_k}$
  - o  $N_{k-1} < 10$  :  $\tilde{L}_k = \tilde{L}'_k$

### 2.5.6.3 Vérification du critère de bruit ambiant

Pour chaque classe k ayant 10 échantillons minimum :

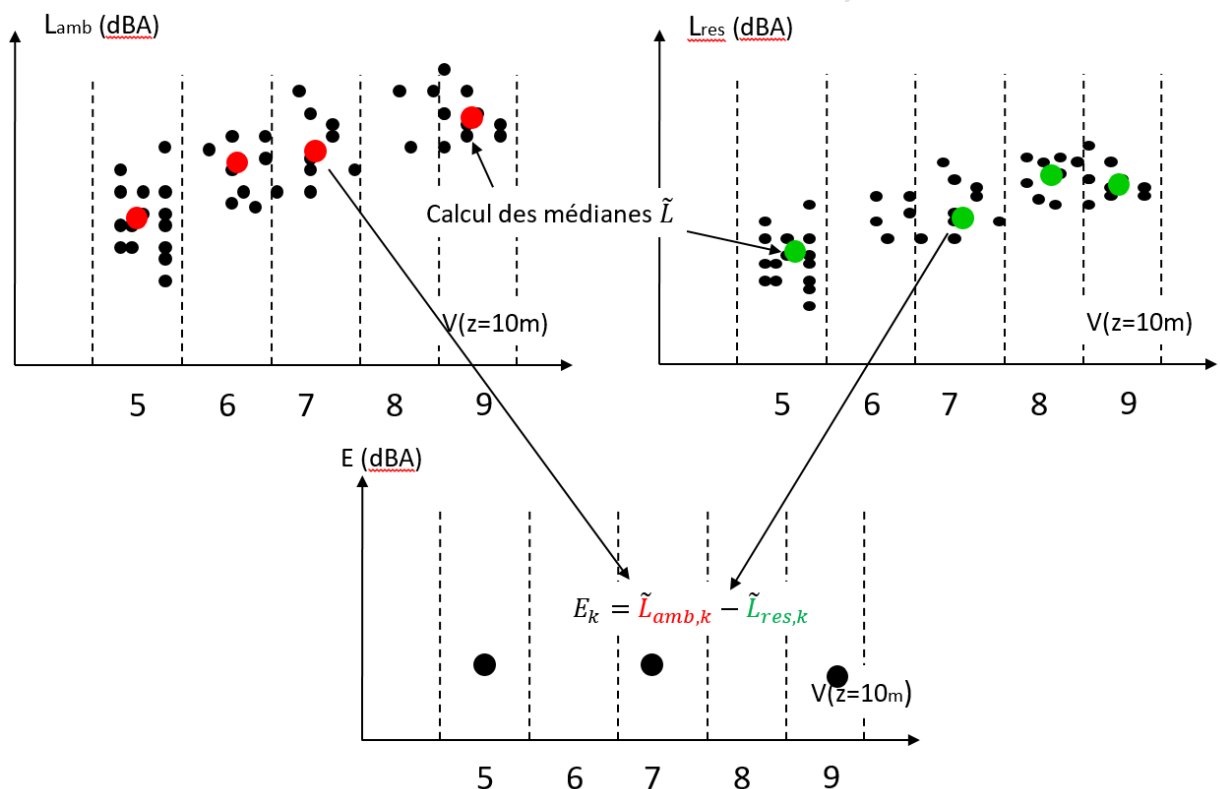
- si  $\tilde{L}_{amb,k} > 35,0$  dBA, il y a lieu de poursuivre l'analyse des émergences tel qu'indiqué au § 2.5.6.4.
- si  $\tilde{L}_{amb,k} \leq 35,0$  dBA, l'analyse des émergences n'a pas lieu d'être menée et le parc est considéré conforme pour cette classe de vent de cette situation-type.

### 2.5.6.4 Estimation de l'indicateur d'émergence par classe de vent

L'indicateur d'émergence associé à chaque classe de vitesse de vent k, noté  $E_k$ , est estimé en calculant **la différence entre l'indicateur de niveau sonore de bruit ambiant et l'indicateur de niveau sonore de bruit résiduel** de chaque classe k :

$$E_k = \tilde{L}_{amb,k} - \tilde{L}_{res,k}$$

Les données relatives aux classes de vent faisant apparaître des valeurs d'indicateur d'émergence inférieures à  $-2,0$  dBA doivent être exclues de l'analyse. Lorsqu'un indicateur d'émergence est négatif mais supérieur ou égal à  $-2,0$  dBA, le bureau d'étude peut également décider d'exclure certaines valeurs, au regard du contexte local de mesure acoustique. Le cas échéant, ce choix doit être argumenté et justifié dans le rapport de mesure.



## 2.5.7 Représentativité des résultats et validation de la campagne de mesure

### Cas d'une plainte

La campagne de mesure ne pourra être validée que si les résultats des calculs d'émergence sont disponibles pour toutes les conditions de vents (direction, vitesse, situations types) exprimées dans le cadre de la plainte.

### Points en ZER

Le bureau d'étude évalue la représentativité des mesures effectuées lors de la campagne acoustique pour chaque situation-type et chaque ZER. Il peut notamment se baser sur les fréquences d'apparition des conditions de vent observées pendant la réalisation des mesures par comparaison à la rose du vent du site.

Le rapport devra comporter des éléments concernant la représentativité des mesures effectuées dans chaque ZER et pour chaque situation-type.

### Points en périmètre du parc

La période de mesurage doit être d'une durée minimale d'une heure de conditions de vent (vitesse et direction) susceptibles d'entraîner les niveaux sonores les plus importants au niveau du point de mesure.

Le rapport devra comporter la justification que les conditions de vent rencontrées durant la période de mesure remplissent cette exigence. On pourra par exemple pour cela utiliser la courbe de puissance électrique de l'éolienne et montrer que la production électrique durant la période de mesure correspond à la valeur du palier supérieur de cette courbe. Ces conditions sont généralement rencontrées pour des vitesses de vent supérieures à 7 m/s à 10 m de haut et en condition de vent portant. Le bureau d'étude s'assurera et justifiera que durant la période de mesurage les bruits environnants (sources de bruit autres que le parc éolien) sont bien représentatifs d'une situation typique du site.

## 2.6 Incertitudes

### Points en ZER

L'incertitude de l'indicateur d'émergence de chaque classe de vent est déterminée selon la méthode donnée en annexe 4. Son calcul doit être mené pour chaque situation-type et pour chaque classe de vent (couple direction / vitesse de vent). Pour chaque classe de vent, l'incertitude tient compte des incertitudes météorologiques liées à l'instrumentation, ainsi que de celle liée à l'estimation des indicateurs sonores de bruit ambiant ou de bruit résiduel à l'aide du calcul d'une médiane.

Aucun échantillon de 10 minutes ne doit être retiré d'une classe de vent dans le but de réduire une incertitude, sans explication du bureau d'étude.

### Points en périmètre du parc

L'incertitude du niveau sonore est déterminée selon la méthode donnée en annexe 4. Son calcul doit être mené pour chaque intervalle de base de bruit ambiant validé. Dans ce cas, si la campagne expérimentale ne fournit pas d'autres mesures de niveau sonores valides pour les mêmes conditions de vent, il y a lieu de renouveler les mesures pour les mêmes conditions de vent.

L'incertitude de l'indicateur de tonalité marquée est déterminée selon la méthode donnée en annexe 4.

### Présentation des résultats

Les incertitudes ne doivent être en aucun cas être ajoutées ou retranchées aux valeurs calculées (émergence) ou mesurées (niveaux sonores). Elles ont pour rôle de s'assurer de la qualité et fiabilité de la mesure.

En particulier, pour la mesure du bruit ambiant c'est la valeur directement mesurée (et non corrigée de son incertitude) qui est utilisée pour la comparaison au seuil minimal de 35,0 dBA requis pour l'évaluation de l'émergence.

Tous les résultats des mesures et des calculs doivent être présentés accompagnés de leur incertitude de

type A et de leur incertitude globale tenant compte d'un facteur d'élargissement de  $k=1$ . On pourra présenter les résultats en adoptant, par exemple, les formes suivantes :

- Le niveau sonore ambiant est de  $L_{amb} = 42$  dBA avec une incertitude de 1,4 dBA.
- L'émergence est de  $E = 1,8$  dBA avec une incertitude de 1,6 dBA (incertitude de type A de 0,9 dBA)

### 3 Rapport de mesurage

Le rapport de mesurage doit à minima mentionner :

- Une première partie présentant les conditions de mesurage ;
- Une seconde partie reprenant la synthèse des résultats ;
- Une troisième partie présentant les résultats détaillés ;
- Une quatrième partie présentant les conclusions de l'analyse de la campagne de mesurage.

#### 3.1 Première partie – Conditions de mesurage

Après avoir reprecisé la réglementation applicable, les définitions utilisées et le respect des préconisations du présent document, le rapport doit s'attacher à détailler les conditions dans lesquelles les mesurages ont été effectués, à savoir :

- les dates auxquelles les mesurages ont été effectués et le nom de l'opérateur ;
- l'objet et la description des circonstances du mesurage dont les conditions météorologiques rencontrées ;
- les emplacements de mesurage avec leur qualification (conventionnels ou spécifiques), le croquis des lieux, la carte du site précisant les emplacements des machines, des points de mesure, le contexte éolien ;
- la justification des choix de points de mesurage ;
- la définition des situation-types retenues et la justification de ces choix. Cela pourrait se faire à l'aide de graphiques, de calculs, de descriptions d'environnement, etc...
- la description détaillée, et sa justification, de la référence de vent utilisée ;
- la rose des vents lors de la mesure et les vitesses de vent mesurées. Cette rose des vents est comparée à la rose des vents long-terme du site de façon à justifier la représentativité de la campagne de mesurage. Il sera fait de même pour les vitesses de vent rencontrées ;
- les conditions météorologiques régnant lors des mesurages. En particulier, une caractérisation des gradients de vent (ratio de la vitesse de vent rencontrée au niveau de la nacelle avec la vitesse de vent à une hauteur de 10 mètres) rencontrées lors de la campagne et de leur éventuelle influence sur les résultats est fortement conseillée mais reste facultative.
- la description de chaque élément de la chaîne de mesurage (nature, marque, n° de série, classe). Les fiches de métrologie des sonomètres mentionnant la dernière date de vérification périodique obligatoire sont présentées, l'endroit où le microphone est posé est décrit, une photo par point de mesurage est jointe, y compris pour les points associés à un anémomètre.
- l'indication des éventuelles valeurs des écarts d'étalonnage relevées ;
- la description du plan de bridage auquel est soumis le parc éolien, le cas échéant. La vérification de la bonne mise en œuvre pendant la campagne de mesures, notamment par un graphique temporel ;
- la description du contexte sonore en chaque point de mesurage, l'identification des sources si possible, le cas échéant, la description des conditions de fonctionnement des sources de bruit. Pour chaque point de mesure, la durée du (des) bruit(s) particulier(s) ainsi que celle de l'intervalle d'observation est précisé si besoin.



Le rapport de mesurage doit contenir des éléments permettant d'apprécier l'aptitude technique des opérateurs à effectuer le type de mesurage et d'analyse requis par ce protocole. Ces éléments peuvent être placés dans les annexes du rapport.

Le rapport de mesurage doit indiquer en outre les circonstances particulières et les incidents éventuels susceptibles d'avoir agi sur les résultats.

Le rapport de mesurage doit indiquer et motiver tout choix particulier qui ne figure pas explicitement dans ce document et qui aurait été adopté lors de la mise en œuvre du mesurage ou de l'analyse des résultats.

## 3.2 Deuxième partie - Synthèse des résultats

Cette partie doit reprendre les conclusions principales de l'étude et doit mentionner les points suivants :

- Présentation du parc éolien (nombre de machines, modèle(s) et hauteur(s) de moyeu, caractéristiques principales) et du contexte éolien (noms des parcs et statut au moment des mesures) ;
- Référence au présent document, ainsi que la mention suivante : « Les mesurages ont été effectués conformément au présent protocole de mesure du bruit, et sans déroger à aucune de ses dispositions » ;
- Description de l'environnement (saison, bruits du vent dans les feuilles des arbres, passages d'engins agricoles, circulations ponctuelles, etc.),
- Durée de la campagne de mesure, dates auxquelles les mesurages ont été effectués et le nom de l'opérateur ;
- Date d'établissement du document et le nom du responsable des mesurages ;
- Pour chaque ZER retenue, par situation-type et par classe de vent (couple direction / vitesse de vent) :
  - o Tableau présentant **la valeur des bruits ambiants** (et le nombre d'échantillons)
  - o Tableau présentant **la valeur des bruits résiduels** (et le nombre d'échantillons)
  - o Tableau présentant **la valeur d'émergence avec ses valeurs d'incertitude (de type A et globale)** ;

Ces trois tableaux peuvent être agrégés en un tableau unique comprenant la **valeur des bruits ambiants et résiduels ainsi que la valeur d'émergence avec ses valeurs d'incertitude (de type A et globale)**.

Nota : pour chaque classe de vent :

- o Lorsque le nombre d'échantillons est trop faible (<10) pour pouvoir conclure sur un niveau sonore, le bureau d'étude doit faire apparaître la mention « nombre d'échantillons insuffisant » et il ne peut pas conclure sur cette classe de vent.
- Résultats des mesures de niveau sonore maximal et de tonalités marquées effectuées au périmètre de mesure du bruit de l'installation;
- Mode de fonctionnement des éoliennes (plan de bridage, etc.) pendant la campagne.

## 3.3 Troisième partie – Résultats détaillés

Pour chaque point de mesure et chaque situation-type, les nuages de points, descripteurs et indicateurs sonores sont présentés en fonction de la vitesse de vent. L'échelle de l'axe des ordonnées (niveau de pression acoustique dBA) est ajustée à l'intervalle [valeurs minimale -10 dBA, valeur maximale + 10 dBA] rencontrées lors de la mesure.

Sous ces graphiques, le tableau de valeurs donnant tous les indicateurs calculables et leurs incertitudes associées est présenté.

Il convient également de fournir les niveaux sonores et temporels produits par les seuls effets du vent sur les microphones et la rose des vents de la station Météo-France la plus proche permettant d'informer de

la ou des directions de vents dominants impactant ou non la propagation vers des habitations, en complément des relevés de station météo sur site.

### 3.4 Quatrième partie – Conclusions

Les conclusions des résultats des mesures sont reprises. Le tableau de synthèse reprenant les résultats selon les situation-types en fonction des vitesses de vent aux différents points de contrôle est présenté.

**Il n'est pas attendu que le rapport conclut à la conformité ou non-conformité réglementaire du parc.** Le rapport peut en revanche mentionner et commenter les situations factuelles où les seuils réglementaires sont ou non dépassés.

*Exemples de conclusion :*

- *« aucun dépassement de la valeur réglementaire d'émergence n'a été constaté au point XX, quelles que soient les conditions de vent et les situation-types rencontrées »*
- *« des dépassements ponctuels de l'émergence jusqu'à une valeur maximale de 2,0 dBA ont été rencontrés la nuit au point XX pour des vents compris entre 5 et 7 m/s, lorsque le vent provient du nord. »*
- *« La durée cumulée d'apparition de tonalités marquées ne dépasse jamais 30 % de la durée de fonctionnement du parc éolien, quelles que soient les conditions rencontrées. »*

# Annexe 1 : Définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

## 1 Eolienne et parc éolien

### Modes de fonctionnement d'une éolienne

Une éolienne est définie en « mode **marche** » si la production électrique de l'éolienne est supérieure à 90% de celle donnée par la courbe de production réelle. La courbe de production réelle est obtenue en traçant la production électrique de l'éolienne en fonction des vitesses de vent, à partir des données relevées lors de la campagne de mesure hors périodes d'arrêt et transitoires de l'éolienne, puis en traçant la courbe reliant les médianes centrées sur le milieu de chaque classe de vent des niveaux de production électrique dans chaque classe de vent. Ce mode de fonctionnement peut dans certains cas correspondre à un mode de fonctionnement bridé.

Une éolienne est définie en « **mode arrêt** » si la production électrique de l'éolienne est inférieure à 50 kW.

Une éolienne est définie en « **mode transitoire** » si elle n'est ni en mode marche, ni en mode arrêt.

Une éolienne est définie en « **mode normal** » si elle est en mode marche durant les périodes de bruit ambiant et en mode arrêt durant les périodes de bruit résiduel.

### Modes de fonctionnement d'un parc éolien

Un parc est en **mode marche** si toutes les éoliennes sont en mode marche.

Un parc est en **mode arrêt** si toutes les éoliennes sont en mode arrêt.

Un parc éolien est en **mode normal** si toutes les éoliennes sont en mode normal.

## 2 Acoustique

Pour les définitions générales de l'acoustique, se reporter à la norme NF S 30-101.

Pour les définitions plus généralement liées à la métrologie du bruit dans l'environnement, se reporter aux normes NF S 31-110:2020 et NF S 31-010:1996

### Catégories de bruits

#### - Niveau sonore de bruit ambiant

Niveau sonore résultant de la contribution du bruit du parc éolien objet de l'étude et de la contribution sonore du bruit émis par toutes les sources proches ou éloignées de cette installation. Le niveau sonore de bruit ambiant représente le bruit mesuré lorsque le parc éolien objet de l'étude est en fonctionnement.

#### - Niveau sonore de bruit particulier

Composante du bruit ambiant correspondant à la contribution sonore du bruit émis par le parc éolien objet de l'étude.

#### - Niveau sonore de bruit résiduel

Niveau sonore du bruit émis par toutes les sources du site lorsque le parc éolien objet de l'étude est à l'arrêt (et non pas seulement les mâts renouvelés au sein du parc étudié, en cas de renouvellement). Dans le cas d'un nouveau projet éolien ou dans le cas d'un renouvellement de parc éolien, le bruit résiduel intègre tous les parcs en fonctionnement qui sont indépendants du parc étudié

## Intervalle d'observation de bruit ambiant ou de bruit résiduel

La Figure 9 présente une illustration des périodes définies ci-dessous :

### - Intervalle d'observation de bruit ambiant

Période temporelle continue pendant laquelle le parc objet de l'étude est en mode marche et qui suit (ou précède) une transition de fonctionnement du parc.

### - Intervalle d'observation de bruit résiduel

Période temporelle continue pendant laquelle le parc est en mode arrêt et qui suit (ou précède) une transition de fonctionnement du parc.

Le début et la fin de ces intervalles sont définis comme suit :

Transitions marche ->arrêt :

- La fin de l'intervalle d'observation du bruit ambiant correspond au dernier instant de la période où le parc est en mode fonctionnement marche, avant le passage à un mode de fonctionnement transitoire.
- Le début de l'intervalle d'observation du bruit résiduel correspond au premier instant de la période où le parc est en mode de fonctionnement arrêt, après une période de fonctionnement en mode transitoire.

Transitions arrêt ->marche :

- La fin de l'intervalle d'observation du bruit résiduel correspond au dernier instant de la période où le parc est en mode de fonctionnement arrêt, avant le passage à un mode de fonctionnement transitoire.
- Le début de l'intervalle d'observation du bruit ambiant correspond au premier instant de la période où le parc est en mode de fonctionnement marche, après une période de fonctionnement en mode transitoire.

## Intervalle de base

Intervalle de temps élémentaire d'une durée de 10 minutes compris dans un intervalle d'observation de bruit ambiant ou dans un intervalle d'observation de bruit résiduel.

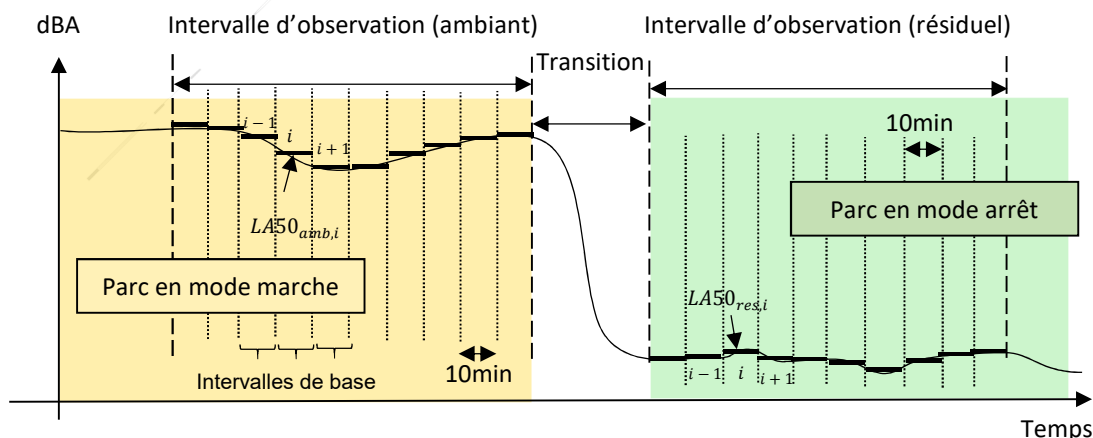


Figure 9 : Périodes de fonctionnement, intervalles de base, intervalles d'observations, transition de fonctionnement

## 3 Aéraulique

### Direction de vent

Direction de provenance du vent. L'origine angulaire de la rose des vents est orientée au nord (0°), et les angles sont comptés positifs dans le sens des aiguilles d'une montre.

### Secteur de direction de vent

Le secteur de direction de vent est défini par un intervalle de +/- 30° autour de la direction centrale (soit un secteur de 60°). Il sera ouvert sur la valeur inférieure et fermé sur la valeur supérieure.

La direction centrale est définie par l'opérateur.

### Classe de vitesse de vent

Intervalle de vitesse de vent de largeur 1 m/s et centré sur la valeur entière de la vitesse de vent étudiée. Il sera ouvert sur la valeur inférieure (valeur égale à la valeur entière - 0,5 m/s) et fermé sur la valeur supérieure (égale à la valeur entière + 0,5 m/s). Par exemple, une vitesse de vent appartient à la classe de vitesse de vent de 5 m/s si sa valeur est strictement supérieure à 4,5 m/s et inférieure ou égale à 5,5 m/s.

### Longueur de rugosité

Grandeur en mètres qui exprime l'irrégularité de la surface terrestre liée notamment à la topographie, à la végétation et aux constructions. Cette rugosité perturbe le flux de vent dans la couche limite. Elle conditionne en partie la variation de la vitesse du vent avec la hauteur au-dessus du sol.

### Vitesse de vent standardisée Vs

La vitesse de vent standardisée correspond à une vitesse de vent calculée à une hauteur de référence de 10 mètres de haut, et pour un sol présentant une longueur de rugosité de référence de 0,05 mètre.

## 4 Situation-types

Une situation-type est définie par l'opérateur en fonction des facteurs environnementaux ayant une influence sur la variabilité des niveaux sonores (variation de trafic routier, activités humaines, réveil matinal de la faune (chorus matinal), orientation du vent, gradient de vent, saison ...). Une situation-type est bien définie si la vitesse du vent demeure la variable influente la plus importante sur les niveaux sonores (en théorie ce doit être la seule à l'intérieur d'une situation-type). De ce fait, une vitesse de vent n'est pas considérée comme un paramètre entrant dans la définition d'une situation-type.

Lorsque la durée de la campagne de mesure excède une semaine, le bureau d'étude doit évaluer l'opportunité de compléter les situations-types de la campagne notamment au regard des paramètres d'influence liés à la météorologie, tels que par exemple le gradient vertical de vitesse du vent qui peuvent varier fortement sur de longues périodes d'observation et qui ont une influence non négligeable sur le niveau sonore du bruit résiduel.

Pour les 2 périodes, jour et nuits, les situation-types suivantes doivent obligatoirement être étudiées pour chaque classe de vitesse de vent, sauf justification explicite et motivée dans le rapport de mesure:

- secteurs de directions de vent dominant (en général, au moins deux)
- cas menant à une exposition sonore la plus importante dans les ZER. On pourra s'appuyer sur le rapport de l'étude d'impact du parc pour identifier ces cas.
- dans le contexte d'une plainte : les conditions indiquées par le plaignant servent à définir une ou plusieurs situation-types.

Un plan de bridage en fonctionnement constitue une situation-type à part.

Outre les situation-types décrites ci-dessus (définies par la vitesse du vent, la direction du vent, et les périodes réglementaires), on pourra par exemple également considérer des situation-types définies selon

- les saisons (cf. nature du feuillage, sol gelé, enneigé, ...)
- le gradient vertical de vent

- le trafic routier local (WE / semaine, départs en vacances, voie de délestage provisoire, ...)
- les périodes après des épisodes de pluie importante qui modifieraient le bruit résiduel de façon significative (bruit de circulation de véhicules, ...)

Ces derniers exemples n'ont pas nécessairement à être caractérisées avec les mêmes exigences en terme de nombre de points par classe de vent ou de nombre de classes de vent observées, mais il est impératif de ne pas les regrouper abusivement lorsque ces situations se présentent (ex : ne pas mélanger des mesures en présence de pluie avec des mesures sans présence de pluie).

Pour assurer une représentativité optimale des mesures, le nombre de situation-types ne doit être ni trop faible ni trop élevé. S'il est trop faible, les mesures seront trop dispersées pour être représentatives, mais à l'inverse s'il est trop élevé, le nombre de mesures à réaliser deviendra prohibitif.

De plus, les situation-types ainsi définies et/ou recherchées doivent prendre en compte la réalité des variations de bruits typiques rencontrés normalement sur le terrain à étudier, tout en considérant également les conditions d'occurrence de ces bruits, mais aussi le contexte local (gêne-plainte et conditions d'environnement associées, bruit saisonniers, ...).

Enfin, une ou plusieurs situation-types peuvent être nécessaires pour caractériser complètement une période particulière spécifiée dans des normes, des textes réglementaires ou contractuels. Il convient alors d'analyser si les niveaux varient fortement à l'intérieur de cette période et pour des tranches horaires bien précises.

## 5 Autre(s) définition(s)

- EMT : Erreur maximale tolérée (ou écart maximal toléré) : valeur extrême de l'erreur de mesurage, par rapport à une valeur de référence connue, qui est tolérée par les spécifications ou règlements pour un mesurage, un instrument de mesure ou un système de mesure donné [8]

## **Annexe 2 : Bibliographie**

- [1] NF EN 61672-1 - Electroacoustique – Sonomètres, Partie 1 : spécifications.
- [2] XP S31-117 - Acoustique - Auto-vérification des sonomètres
- [3] NF EN 60942 - Calibreurs acoustiques
- [4] NF EN 61400-1 - Wind energy generation systems - Part 1: Design requirements
- [5] NF EN 61400-11 : - Wind turbines – Part 11: Acoustic noise measurement techniques
- [6] Ecotièrre, D., 2018. A semi analytical model to estimate the uncertainties of wind-induced noise in a screened microphone, in: Proceeding of Inter-Noise 2018. 47th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, Chicago, USA.
- [7] Bowdler D. and Leventhall G., Wind Turbine Noise, 2012, Multi-Science Publishing Co Ltd, ISBN 1907132309, p5
- [8] XP S31-115 – Acoustique - Méthode d'évaluation des incertitudes de mesurage en acoustique de l'environnement - Partie 1 : Influence de l'instrumentation, 2019
- [9] Sen Pranab K., Singer Julio M., Large Sample Methods in Statistics. An Introduction with Applications, 1993, Chapman & Hall Inc., London.
- [10] XP S31-115 – Acoustique - Méthode d'évaluation des incertitudes de mesurage en acoustique de l'environnement - Partie 1 : Influence de l'instrumentation, 2019

### Annexe 3 : Calcul de la vitesse de vent standardisée

L'expression de la vitesse de vent standardisée est donnée dans le Tableau 1, en fonction de la méthode utilisée pour la mesure du vent.

- $V(z)$  est la vitesse de vent mesurée à la hauteur  $z$  ;
- $z_{ref} = 10$  m est la hauteur de référence ;
- $z_{0,ref} = 0,05$ m est la longueur de rugosité de référence ;
- $H$  est la hauteur de la nacelle ;
- $z_0$  est la longueur de rugosité mesurée ou estimée (voir **Tableau 2**)

Méthode	Schéma de principe	Vitesse standardisée $V_S$	$z_0$
V1a		$V_S = \frac{\ln\left(\frac{z_{ref}}{z_{0,ref}}\right)}{\ln\left(\frac{H}{z_{0,ref}}\right)} \left( V(z_1) + (V(z_2) - V(z_1)) \frac{\ln\left(\frac{H}{z_1}\right)}{\ln\left(\frac{z_2}{z_1}\right)} \right)$	-
V1b		$V_S = V(z) \frac{\ln\left(\frac{z_{ref}}{z_{0,ref}}\right) \ln\left(\frac{H}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{H}{z_{0,ref}}\right) \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}$	cf. Tableau 2
V2		$V_S = V(H) \frac{\ln\left(\frac{z_{ref}}{z_{0,ref}}\right)}{\ln\left(\frac{H}{z_{0,ref}}\right)}$	-
V3		$V_S = V(z = 10m) \frac{\ln\left(\frac{z_{ref}}{z_{0,ref}}\right) \ln\left(\frac{H}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{H}{z_{0,ref}}\right) \ln\left(\frac{z_{ref}}{z_0}\right)}$	cf. Tableau 2

Tableau 1 : Calcul de la vitesse de vent standardisée



Type de terrain	Longueur de rugosité $z_0$	Incertitude-type $u_{z_0}$
Terrains agricoles avec quelques bâtiments et des haies de 8 m de hauteur distantes de plus de 1 km	0,05 m	0,075 m
Terrains agricoles avec quelques bâtiments et des haies de 8 m de hauteur distantes d'environ 500 m	0,1 m	0,075 m
Terrains agricoles avec de nombreux bâtiments, des buissons et des plantes ou des haies de 8 m de hauteur distantes d'environ 250 m	0,2 m	0,15 m
Villages, petites villes, terrains agricoles avec de nombreuses haies ou de hauts arbres, forêts, terrains très accidentés	0,4 m	0,3 m

Tableau 2 : Longueur de rugosité en fonction des types de terrain

## Annexe 4: Incertitudes

Cette annexe présente la procédure pour calculer l'incertitude-type de l'indicateur d'émergence  $E_k$  d'une classe de vent  $k$ . Cette incertitude intègre les incertitudes dues aux différents calculs ainsi que celles dues à l'instrumentation.

### Incertitude de l'indicateur de niveau sonore d'une classe de vitesse de vent

L'incertitude composée  $u_{\tilde{L}_p}$  de l'indicateur du **niveau sonore**  $\tilde{L}_{p,k}$  (médiane des niveaux sonores ambiant ou résiduel de la classe de vent  $k$ .  $\tilde{L}_p = \tilde{L}_{amb}$  ou  $\tilde{L}_{res}$ ) est donnée par

$$u_{\tilde{L}_{p,k}} = \sqrt{u_{\tilde{L}_{p,A}}^2 + u_{\tilde{L}_{p,B}}^2}$$

où  $u_{\tilde{L}_{p,A}}$  et  $u_{\tilde{L}_{p,B}}$  sont les incertitudes de type A et B dont les calculs sont donnés ci-dessous.

- **Incertitude de type A**

L'incertitude de type A provient du calcul de la médiane des niveaux sonores de la classification des indicateurs sonores en fonction de la vitesse du vent :

$$u_{\tilde{L}_{p,A}} = \sqrt{u_{med}^2 + u_{L_k}^2}$$

- **Incertitude liée au calcul de la médiane des niveaux sonores**

$$u_{\tilde{L}_{p,A}} = 1,858 \left( \frac{2n_k - 2}{2n_k - 3} \right) \frac{MAD(L_p)}{\sqrt{n_k - 1}}$$

$$\text{avec } MAD(L_p) = \text{médiane}_{i=1..n_k} (|L_{p,i} - \tilde{L}_p|)$$

où

$$\tilde{L}_p = \text{médiane}_{i=1..n_k} (L_{p,i}),$$

$L_{p,i}$  est l'échantillon  $i$  des niveaux sonores de la classe de vent  $k$ ,

$n_k$  est le nombre d'échantillons de niveaux sonores de la classe de vent  $k$ .

- **Incertitude liée à l'estimation de la vitesse du vent**

L'incertitude sur la vitesse du vent peut entraîner une erreur sur l'estimation des médianes des indicateurs sonores résiduel ou ambiant centrés sur les classes de vitesse de vent (voir §2.5.6.2). Cette incertitude peut être estimée de la façon suivante :

$$u_{\tilde{L}_k} = (\tilde{L}'_q - \tilde{L}'_k) \frac{\sqrt{(V_q - \bar{V}_k)^2 + (V_k - \bar{V}_k)^2}}{(\bar{V}_q - \bar{V}_k)^2} \cdot u_{V_S} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} q = k + 1 \text{ si } \bar{V}_k > V_k \text{ et } N_{k+1} \geq 10 \\ q = k - 1 \text{ si } \bar{V}_k < V_k \text{ et } N_{k-1} \geq 10 \end{cases}$$

où :

- $\tilde{L}'_k$ ,  $V_k$  et  $\bar{V}_k$  sont les grandeurs définies au §2.5.6.2 pour chaque classe de vitesse de vent  $k$ .
- $u_{V_S}$  est l'incertitude-type liée à l'estimation de la vitesse du vent standardisée. Elle dépend de l'incertitude-type de la mesure du vent  $u_V$  qui diffère suivant la méthode utilisée pour l'estimation de la vitesse standardisée.

L'incertitude de la mesure de la vitesse du vent est de  $u_V = \frac{EMT}{2\sqrt{3}} = 0.28$  m/s lorsque la mesure est effectuée avec un anémomètre conforme aux exigences données au §2.2.2. Lorsque la vitesse du vent utilisée est celle provenant de la nacelle (méthode 2), il y a

lieu d'utiliser les caractéristiques de l'appareillage en nacelle afin d'estimer<sup>2</sup> l'incertitude-type  $u_V = u_{V_{nacelle}}$ .

Le Tableau 3 fournit les formules à utiliser.

Méthode	Calcul de l'incertitude-type $u_{V_S}$	$u_V$	$u_{z_0}$
V1a	$u_{V_S} = \frac{\ln\left(\frac{z_{ref}}{z_{0,ref}}\right)}{\ln\left(\frac{H}{z_{0,ref}}\right)} \sqrt{1 - 2 \frac{\ln\left(\frac{H}{z_1}\right)}{\ln\left(\frac{z_2}{z_1}\right)} + 2 \left(\frac{\ln\left(\frac{H}{z_1}\right)}{\ln\left(\frac{z_2}{z_1}\right)}\right)^2} \cdot u_V$	0.28 m/s	-
V1b	$u_{V_S}^2 = c_V^2 \cdot u_V^2 + c_{z_0}^2 \cdot u_{z_0}^2$ avec $c_V = \frac{\ln\left(\frac{z_{ref}}{z_{0,ref}}\right)}{\ln\left(\frac{H}{z_{0,ref}}\right)} \cdot \frac{\ln\left(\frac{H}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \quad \text{et} \quad c_{z_0} = \frac{\ln\left(\frac{z_{ref}}{z_{0,ref}}\right)}{\ln\left(\frac{H}{z_{0,ref}}\right)} \cdot \frac{\ln\left(\frac{H}{z}\right)}{\ln^2\left(\frac{z}{z_0}\right)} \cdot \frac{V(z)}{z_0}$	0.28 m/s	Annexe 3 (Tableau 2)
V2	$u_{V_S} = \frac{\ln\left(\frac{z_{ref}}{z_{0,ref}}\right)}{\ln\left(\frac{H}{z_{0,ref}}\right)} \cdot u_V$	$u_{V_{nacelle}}$	-
V3	$u_{V_S}^2 = c_V^2 \cdot u_V^2 + c_{z_0}^2 \cdot u_{z_0}^2$ avec $c_V = \frac{\ln\left(\frac{z_{ref}}{z_{0,ref}}\right) \ln\left(\frac{H}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{H}{z_{0,ref}}\right) \ln\left(\frac{z_{ref}}{z_0}\right)} \quad \text{et} \quad c_{z_0} = c_{z_0} = V(z = 10m) \frac{\ln\left(\frac{z_{ref}}{z_{0,ref}}\right)}{\ln\left(\frac{H}{z_{0,ref}}\right)} \cdot \frac{\ln\left(\frac{H}{z_{ref}}\right)}{z_0 \ln^2\left(\frac{z_{ref}}{z_0}\right)}$	0.28 m/s	Annexe 3 (Tableau 2)

Tableau 3 : Calcul de l'incertitude-type de l'estimation de la vitesse de vent standardisée suivant la méthode utilisée

- **Incrtitude de type B**

L'incertitude de type B est donnée par

$$u_{Lp,B} = \sqrt{\sum_n u_{vent}^2 + u_{Lp,n,B}^2}$$

où

$u_{vent}$  est l'incertitude-type due au bruit du vent sur le microphone fournie par les tableaux de l'Annexe 7 (voir §2.5.3.2).

$u_{Lp,n,B}$  sont les incrtitude-types de chaque facteur d'influence liée à l'instrumentation et à l'influence des conditions d'environnement sur l'instrumentation.

A défaut d'autres informations concernant les performances de la chaîne de mesure acoustique utilisée, on prendra pour les incrtitudes-types  $u_{Lp,n,B}$  les valeurs fournies pour un appareillage de classe 1 données dans le Tableau 3 [1][8]. L'utilisation de ces valeurs majore l'incertitude. Afin de réduire l'incertitude, il est possible d'utiliser d'autres valeurs sous réserve d'avoir justifié leur pertinence et leur origine à l'aide de documents spécifiques (certificat d'étalonnage par ex.).

<sup>2</sup> à partir de l'EMT de l'appareillage par exemple :  $u_{V_{nacelle}} = \frac{EMT_{anemometre\ nacelle}}{2\sqrt{3}}$

$u_{Lp,n,B}$	Facteur d'influence	Incertitude-type	Condition
$u_{Lp,1,B}$	Calibrage	0,25 dB	
$u_{Lp,2,B}$	Directivité	0 dB si $f < 250$ Hz 0,43 dB si $250 \text{ Hz} < f < 1$ kHz 0,58 dB si $1 \text{ kHz} < f < 2$ kHz 1,15 dB si $2 \text{ kHz} < f < 4$ kHz 2,02 dB si $4 \text{ kHz} < f < 8$ kHz	Direction de référence du microphone : axe vertical
$u_{Lp,3,B}$	Linéarité en fréquence et pondération fréquentielle	0,58 dB	$50 \text{ Hz} < f < 5 \text{ kHz}$
$u_{Lp,4,B}$	Température de l'air	0,28 dB	$-10 \text{ °C} < T \text{ °C} < +50 \text{ °C}$
$u_{Lp,5,B}$	Humidité de l'air	0,28 dB	$25\% < \text{hum} < 90\%$
$u_{Lp,6,B}$	Pression statique de l'air	0,23 dB	$850 \text{ hPa} < P < 1080 \text{ hPa}$
$u_{Lp,7,B}$	Linéarité de niveau	0,46 dB	
$u_{Lp,8,B}$	Ecran anti-vent	0,28 dB	$63 \text{ Hz} < f < 2 \text{ kHz}$
Incertitude-type composée :		$u_{Lp,B} = 1,1 \text{ dBA}$	$63 \text{ Hz} < f < 2 \text{ kHz}$ Direction de référence du microphone : axe vertical $-10 \text{ °C} < T \text{ °C} < +50 \text{ °C}$ $25\% < \text{hum} < 90\%$ $850 \text{ hPa} < P < 1080 \text{ hPa}$

Tableau 3 : Incertitudes-type concernant l'instrumentation (appareillage de classe 1) pour l'évaluation d'un niveau sonore (ambient ou résiduel)

## Incertitude-type de l'indicateur d'émergence relatif à une classe de vent

L'incertitude composée de l'émergence relative à la classe de vent k est donnée par :

$$u_{E,k} = \sqrt{u_{L_{amb,k}}^2 + u_{L_{res,k}}^2}$$

où  $u_{L_{amb,k}}$  et  $u_{L_{res,k}}$  sont respectivement les incertitude-types des indicateurs de niveau sonore de bruit ambient et résiduel estimées suivant la méthode donnée dans le paragraphe précédent.

## Incertitude de l'indicateur de tonalité

L'incertitude composée  $u_{\delta}$  de l'indicateur de tonalité pour une bande fréquentielle  $f_i$  est obtenue de la façon suivante : pour la comparaison du niveau sonore  $Lp, f_i$  de la bande fréquentielle  $f_i$  avec les fréquences inférieures  $f_{i-1}$  et  $f_{i-2}$ , on calcule

$$u_{\delta_{inf}}^2 = u_{Lp, f_i}^2 + c_{f_{i-1}}^2 \cdot u_{Lp, f_{i-1}}^2 + c_{f_{i-2}}^2 \cdot u_{Lp, f_{i-2}}^2$$

avec  $c_{f_{i-1}} = 10^{0.1Lp, f_{i-1}} / (10^{0.1Lp, f_{i-1}} + 10^{0.1Lp, f_{i-2}})$

et

$$c_{f_{i-2}} = 10^{0.1L_{p,f_{i-2}}} / (10^{0.1L_{p,f_{i-1}}} + 10^{0.1L_{p,f_{i-2}}})$$

$u_{Lp,f_i}^2$ ,  $u_{Lp,f_{i-1}}^2$  et  $u_{Lp,f_{i-2}}^2$  sont respectivement les incertitude-types des niveaux sonores de la bande fréquentielle étudiée et des 2 bandes inférieures. Elles sont obtenues à l'aide de la méthode donnée dans le paragraphe précédent pour le calcul d'une incertitude-type d'un niveau sonore  $u_{Lp,B}$ , mais en ne prenant pas en compte le terme de pondération fréquentielle  $u_{Lp,3,B}$  du Tableau 3.

On procède de même pour la comparaison du niveau sonore de la bande fréquentielle  $f_i$  avec les fréquences supérieure  $f_{i+1}$  et  $f_{i+2}$  :

$$u_{\delta_{sup}}^2 = u_{Lp,f_i}^2 + c_{f_{i+1}}^2 \cdot u_{Lp,f_{i+1}}^2 + c_{f_{i+2}}^2 \cdot u_{Lp,f_{i+2}}^2$$

avec

$$c_{f_{i+1}} = 10^{0.1L_{p,f_{i+1}}} / (10^{0.1L_{p,f_{i+1}}} + 10^{0.1L_{p,f_{i+2}}})$$

et

$$c_{f_{i+2}} = 10^{0.1L_{p,f_{i+2}}} / (10^{0.1L_{p,f_{i+1}}} + 10^{0.1L_{p,f_{i+2}}})$$

## Annexe 5: Estimation d'une médiane

Le calcul d'une médiane d'une série d'observations peut être effectué en utilisant des fonctions prédéfinies dans les tableurs les plus courants.

En l'absence de ce type d'outil, il est possible de déterminer la valeur de la médiane en suivant la procédure décrite ci-dessous.

Soit la série d'observations  $\{x_i ; i = 1, \dots, n\}$  et  $p \in [0 ; 1]$  la valeur de l'ordre du quantile  $x_p$  ( $p = 0.5$  pour la médiane)

- Ranger les observations de la série par ordre croissant de manière à obtenir la série statistique ordonnée :

$$\{x_{(j)}; j = 1, \dots, n\}$$

- o Si  $n$  est pair : la médiane est égale à  $\frac{1}{2}(x_{(\frac{n}{2})} + x_{(\frac{n}{2}+1)})$
- o Si  $n$  est impair : la médiane est égale à  $x_{(\frac{n-1}{2}+1)}$

Ex 1 : on cherche à estimer la médiane de la série d'observations suivante ( $n = 18$ ) :

$$\{1; 5; 4; 8; 4; 6; 2; 4; 8; 7; 9; 4; 2; 3; 5; 8; 4; 6\}$$

- Rangement des observations de la série suivant l'ordre croissant :

$$\{1; 2; 2; 3; 4; 4; 4; 4; 4; 5; 5; 6; 6; 7; 8; 8; 8; 9\}$$

- Détermination de la médiane :

$$\text{la médiane est égale à } \frac{1}{2}(x_{(\frac{18}{2})} + x_{(\frac{18}{2}+1)}) = \frac{1}{2}(x_{(9)} + x_{(10)}) = \frac{4+5}{2} = 4,5$$

Ex 2 : on cherche à estimer la médiane de la série d'observations suivante ( $n = 15$ ) :

$$\{1; 5; 4; 4; 6; 2; 4; 8; 7; 4; 2; 3; 5; 4; 6\}$$

- Rangement des observations de la série suivant l'ordre croissant :

$$\{1; 2; 2; 3; 4; 4; 4; 4; 4; 5; 5; 6; 6; 7; 8\}$$

- Détermination de la médiane :

$$\text{la médiane est égale à } x_{(\frac{15-1}{2}+1)} = x_{(8)} = 4$$

## Annexe 6: Correction de la vitesse du vent en mode "arrêt" (méthode V2)

Cette correction ne s'applique que pour la méthode V2.

La vitesse du vent mesurée par l'anémomètre de nacelle peut parfois être incorrecte lorsque l'éolienne est à l'arrêt. Cette annexe présente une méthode permettant de corriger ces vitesses le cas échéant.

La méthode consiste à évaluer l'écart pour chaque transition entre la vitesse de vent mesurée en période arrêt sur l'intervalle de base précédant ou suivant la transition, et une vitesse de référence pour cette transition. Pour chaque transition, la vitesse de référence considérée est celle mesurée en période « marche » sur l'intervalle de base précédant ou suivant la même transition et permet d'établir une loi de correction de la vitesse à partir d'une régression linéaire entre les vitesses de vent mesurées avant et après chaque transition.

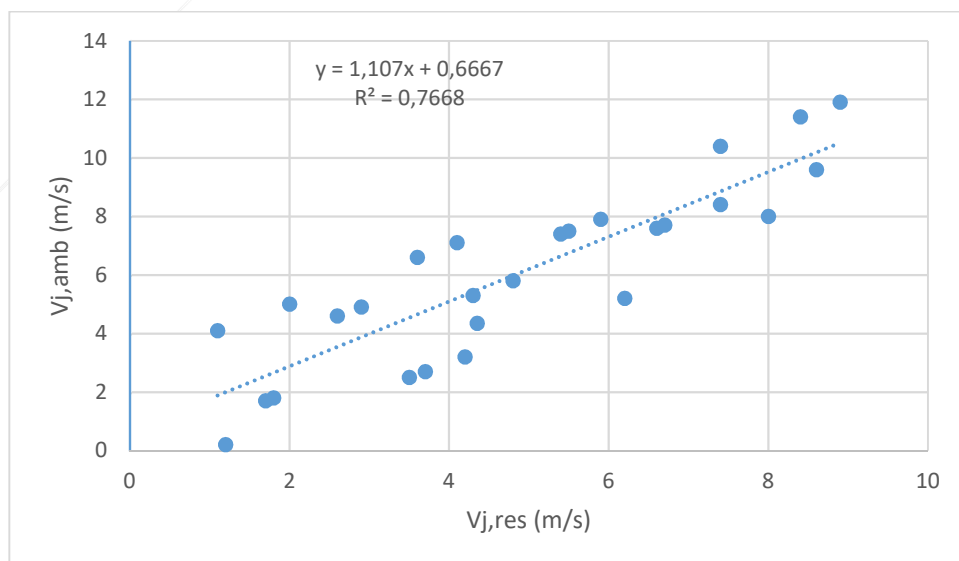
Pour chaque intervalle de base  $i$  d'une période en mode « arrêt », la vitesse de vent mesurée  $V_{i,res}$  est corrigée suivant la formule :

$$V_{i,res}^* = a \cdot V_{i,res} + b$$

avec :

- $a = s_{amb,res} / s_{res}^2$ 
  - $s_{amb,res} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (V_{j,amb} - \bar{V}_{amb}) \cdot (V_{j,res} - \bar{V}_{res})$
  - $s_{res}^2 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (V_{j,res} - \bar{V}_{res})^2$
  - $\bar{V}_{amb} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N V_{j,amb}$
  - $\bar{V}_{res} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N V_{j,res}$
- $b = \bar{V}_{amb} - a \bar{V}_{res}$
- $N$  : nombre de transitions entre période « marche » et période « arrêt »
- $V_{j,amb}$  : vitesse de vent mesurée au cours de l'intervalle de base le plus proche de la transition  $j$ , et pendant la période d'observation de bruit ambiant (mode marche)
- $V_{j,res}$  : vitesse de vent mesurée au cours de l'intervalle de base le plus proche de la transition  $j$ , et pendant la période d'observation de bruit résiduel (mode arrêt)

Exemple de droite de régression obtenue à l'aide mesures de vitesses de vent en mode marche et en mode arrêt :



## Annexe 7: Bruit du vent sur un microphone

$L_{mes}$  : niveau sonore mesuré au niveau du microphone au cours d'un intervalle de base.

$b_{vent}$  : contribution sonore maximale tolérée du bruit du vent<sup>3</sup>. Le choix de la valeur de  $b_{vent}$  est libre et la valeur de l'incertitude correspondant au choix adopté doit être intégrée *in fine* dans les calculs d'incertitudes (cf. §2.6 et 4).

$V_{max}$  : vitesse maximale de vent tolérée au niveau du microphone pour assurer que la contribution sonore du vent n'entraîne pas une hausse du niveau sonore mesuré supérieure à  $b_{vent}$  [6][8].

D : diamètre de la protection anti-vent utilisée (le diamètre est celui de la section de la protection parallèle au sol de plus grand diamètre). Si le diamètre de la protection utilisée ne figure pas dans les tableaux ci-dessous, il y a lieu d'utiliser le tableau correspondant au diamètre juste inférieur à celui de la protection utilisée (par exemple, si le diamètre utilisé est de 10 cm, il faut prendre les valeurs du tableau correspondant à une protection de diamètre 9 cm qui figurent au tableau 5).

Hauteur du microphone	$V_{max}$ (m/s)	$b_{vent}$ (dBA)	$u_{vent}$ (dBA)
1,5m +/- 0,3m	$V_{max} = 0,48 \exp(0,036 \cdot L_{mes})$	0.1	0.20
	$V_{max} = 0,53 \exp(0,036 \cdot L_{mes})$	0.2	0.20
	$V_{max} = 0,56 \exp(0,036 \cdot L_{mes})$	0.3	0.20
4,5m +/- 0,3m	$V_{max} = 0,52 \exp(0,038 \cdot L_{mes})$	0.1	0.10
	$V_{max} = 0,59 \exp(0,037 \cdot L_{mes})$	0.2	0.10
	$V_{max} = 0,61 \exp(0,038 \cdot L_{mes})$	0.3	0.10

Tableau 4 : D = 7cm.

Hauteur du microphone	$V_{max}$ (m/s)	$b_{vent}$ (dBA)	$u_{vent}$ (dBA)
1,5m +/- 0,3m	$V_{max} = 0,52 \exp(0,036 \cdot L_{mes})$	0.1	0.20
	$V_{max} = 0,58 \exp(0,036 \cdot L_{mes})$	0.2	0.20
	$V_{max} = 0,61 \exp(0,036 \cdot L_{mes})$	0.3	0.20
4,5m +/- 0,3m	$V_{max} = 0,57 \exp(0,038 \cdot L_{mes})$	0.1	0.20
	$V_{max} = 0,63 \exp(0,038 \cdot L_{mes})$	0.2	0.20
	$V_{max} = 0,67 \exp(0,038 \cdot L_{mes})$	0.3	0.20

Tableau 5 : D = 9cm.

Hauteur du microphone	$V_{max}$ (m/s)	$b_{vent}$ (dBA)	$u_{vent}$ (dBA)
1,5m +/- 0,3m	$V_{max} = 0,56 \exp(0,036 \cdot L_{mes})$	0.1	0.10
	$V_{max} = 0,62 \exp(0,036 \cdot L_{mes})$	0.2	0.10
	$V_{max} = 0,65 \exp(0,036 \cdot L_{mes})$	0.3	0.10
4,5m +/- 0,3m	$V_{max} = 0,62 \exp(0,037 \cdot L_{mes})$	0.1	0.10
	$V_{max} = 0,68 \exp(0,038 \cdot L_{mes})$	0.2	0.20
	$V_{max} = 0,71 \exp(0,038 \cdot L_{mes})$	0.3	0.10

Tableau 6 : D = 11 cm.

<sup>3</sup> Choisir par exemple  $b_{vent}=0.1$  dBA signifie que l'on tolère que le vent augmente le bruit mesuré d'un maximum 0.1 dBA.



Hauteur du microphone	$V_{max}$ (m/s)	$b_{vent}$ (dBA)	$u_{vent}$ (dBA)
1,5m +/- 0,3m	$V_{max} = 0,60 \exp(0,036 \cdot L_{mes})$	0.1	0.20
	$V_{max} = 0,66 \exp(0,036 \cdot L_{mes})$	0.2	0.20
	$V_{max} = 0,67 \exp(0,036 \cdot L_{mes})$	0.3	0.20
4,5m +/- 0,3m	$V_{max} = 0,66 \exp(0,037 \cdot L_{mes})$	0.1	0.20
	$V_{max} = 0,74 \exp(0,037 \cdot L_{mes})$	0.2	0.20
	$V_{max} = 0,78 \exp(0,037 \cdot L_{mes})$	0.3	0.10

Tableau 7 :  $D = 14$  cm.

## Annexe 8: Notations et symboles principaux

$i$  : indice d'un intervalle de base

$k$  : indice d'une classe de vent

$k_{max}$  : indice maximal des classes de vitesse de vent

$N_{amb,k}$  : Nombre d'échantillons de niveaux sonores de bruit ambiant validés appartenant à la classe de vent  $k$ .

$N_{res,k}$  : Nombre d'échantillons de niveaux sonores de bruit résiduel validés appartenant à la classe de vent  $k$ .

$L_{amb,k,i}$  : Niveau sonore mesuré au cours de l'intervalle de base  $i$  pendant la période d'observation de bruit ambiant, appartenant à la classe de vent  $k$ .

$L_{res,k,i}$  : Niveau sonore mesuré au cours de l'intervalle de base  $i$  pendant la période d'observation de bruit résiduel, appartenant à la classe de vent  $k$

$\tilde{L}_{amb,k}$  : Indicateur de niveau sonore représentatif de la période d'observation de bruit ambiant et de la classe de vent  $k$ . Il est calculé à partir de la médiane des niveaux sonores  $L_{amb,k,i}$

$\tilde{L}_{res,k}$  : Indicateur de niveau sonore représentatif de la période d'observation de bruit résiduel et de la classe de vent  $k$ . Il est calculé à partir de la médiane des niveaux sonores  $L_{res,k,i}$

$V_{amb,k,i}$  : vitesse de vent standardisée mesurée au cours de l'intervalle de base  $i$  pendant la période d'observation de bruit ambiant

$V_{res,k,i}$  : vitesse de vent standardisée mesurée au cours de l'intervalle de base  $i$  pendant la période d'observation de bruit résiduel

$\bar{V}_{amb,k}$  : moyenne des vitesses de vent associées aux niveaux sonores de bruit ambiant appartenant à la classe  $k$

$\bar{V}_{res,k}$  : moyenne des vitesses de vent associées aux niveaux sonores de bruit résiduel appartenant à la classe  $k$

$V_k$  : vitesse de vent centrale de la classe  $k$

$V_{max}$  : vitesse de vent maximale tolérée au cours de chaque intervalle de base, au niveau du microphone de mesure

$E_k$  : indicateur d'émergence sonore relatif à la classe de vent  $k$