

Acoustique

## Caractérisation des bruits d'aéronefs perçus dans l'environnement

E : Acoustics — Characterisation of environment audible aircraft noises

D : Akustik — Charakterisierung des in der Umgebung wahrgenommenen Luftfahrzeugschalls

### Norme française homologuée

par décision du Directeur Général d'AFNOR le 13 février 2008 pour prendre effet le 13 mars 2008.

### Correspondance

À la date de publication du présent document, il n'existe pas de travaux internationaux ou européens traitant du même sujet.

### Analyse

Le présent document fournit des méthodes pour mesurer et caractériser les bruits d'aéronefs perçus dans l'environnement. Il s'applique aux activités aéronautiques civiles et militaires.

### Descripteurs

**Thésaurus International Technique** : acoustique, bruit acoustique, aéronef, bruit d'aéronef, mesurage acoustique, pression sonore, niveau, instrument de mesurage, emplacement, choix, intervalle de temps, classification, environnement, protection de l'environnement, propagation du son, conditions d'essai, conditions climatiques, donnée météorologique, incertitude, traçabilité.

### Modifications

### Corrections



**Membres de la commission de normalisation**

Président : M RUMEAU — LCPP — LABO CENTRAL PREFECTURE DE POLICE

Secrétariat : MME BOUVENOT — AFNOR

M	ABRAMOWITCH	SCETAURROUTE
M	AFLALO	BRUEL & KJAER FRANCE
MME	ANDRE	LABO CENTRAL PREFECTURE DE POLICE
M	ANDRE	APAVE PARISIENNE
M	ARCE	BRUEL & KJAER FRANCE
MME	AUJARD	01DB METRAVIB
M	BARBO	ADP — AEROPORTS DE PARIS
M	BEAUMONT	INRETS
M	BELINGARD	SNCF
M	BERT	MINISTERE DE L'ECOLOGIE, DEVELOPPEMENT ET AMENAGEMENT DURABLES — DIRECTION PREVENTION POLLUTIONS RISQUES
M	BONHOMME	CETE LAB REG PONTS ET CHAUSSEES
M	BRASSENX	RATP
M	CELLARD	LNE
M	CHAZAL	SNCF / DIS DAE NORHA
M	CORLAY	CETIM
M	DAUTIN	SOCOTEC
M	DEBOUT	BNAE
M	DEFRANCE	CSTB
M	DURANG	LAB REGIONAL DE L EST PARISIEN
M	DUTILLEUX	LABO REG CETE EST
M	ECOTIERE	LABO REG CETE EST
M	FICHEUX	UTAC SAS
MME	FILLLOL	RATP
MME	FÜRST	CERTU
M	GAMBA	GAMBA ACOUSTIQUE ET ASSOCIES
M	GAUVREAU	LCPC — LABO CENTRAL PONTS ET CHAUSSEES
M	GRENETIER	MINISTERE DE LA SANTE, JEUNESSE ET SPORTS — DIRECTION GENERALE DE LA SANTE
M	GUENGANT	SNPE MATERIAUX ENERGETIQUES
M	GUIGNOUARD	LASA — LABO APPLI SCIENCES ACOUSTIQUES
M	JACQUES	INRS
M	JOLY	FEDERATION FRANCAISE DE TIR
M	JUILLE	LOUIS JUILLE
M	JUNKER	EDF R&D
M	LAMBERT	INRETS
M	LECOCQ	CIAL
M	LEGUILLETTE	BUREAU VERITAS
M	LETOURNEAUX	SNCF — AGENCE ESSAI FERROVIAIRE
M	LOI	CONSEIL NATIONAL PROTECTION CIVILE / ENVIRONNEMENT
M	MARTIN	MINISTERE DE LA DEFENSE — DGAC DSNA ME
MME	MOCH	UNIVERSITE DE PARIS X
M	MOTTARD	MINISTERE DE L'ECOLOGIE, DEVELOPPEMENT ET AMENAGEMENT DURABLES — DIRECTION PREVENTION POLLUTIONS RISQUES
M	RANCHIN	CABINET ASE
M	REHFELD	SAINT GOBAIN GLASS FRANCE — CDI
M	ROZWADOWSKI	01DB METRAVIB
M	RUMEAU	LCPP — LABO CENTRAL PREFECTURE DE POLICE
MME	SOYER	MONIQUE SOYER
M	TERRIER	BNAE
M	VALERI	FEDERATION FRANCAISE DE BALL TRAP

**Membres du groupe de travail «Bruit d'aéronefs»**

M	BARBO	ADP — AEROPORTS DE PARIS
MME	BOUVENOT	AFNOR
M	DEPALLE	ACNUSA
M	DAUTIN	SOCOTEC
M	LEPOUTRE	ACNUSA
M	MARTIN	DGAC — DSNA — ME — MIN TRANSPORTS
M	ROZWADOWSKI	01 DB-METRAVIB
M	RUMEAU	LCPP — MIN INTERIEUR
M	SERVANT	SOCOTEC
MME	SOYER	

## Sommaire

	Page
<b>Introduction</b> .....	4
<b>1</b> <b>Domaine d'application</b> .....	4
<b>2</b> <b>Références normatives</b> .....	5
<b>3</b> <b>Termes et définitions</b> .....	5
<b>4</b> <b>Symboles</b> .....	13
<b>5</b> <b>Mesurage des niveaux de pression acoustique</b> .....	13
<b>6</b> <b>Méthode de classification et de description des événements aéronautiques</b> .....	17
<b>7</b> <b>Conditions de propagation</b> .....	23
<b>8</b> <b>Incertitudes</b> .....	27
<b>9</b> <b>Rapport de mesurage</b> .....	28
<b>10</b> <b>Traçabilité</b> .....	29
<b>Annexe A</b> (normative) <b>Recueil des données caractérisant les conditions météorologiques</b> .....	30
<b>Annexe B</b> (normative) <b>Incertitudes</b> .....	34
<b>Bibliographie</b> .....	41

## Introduction

Le présent document est en conformité avec les principes décrits dans la norme NF S 31-110 et complète la série des normes existantes caractérisant le bruit des infrastructures (NF S 31-085 pour le bruit routier et NF S 31-088 pour le bruit ferroviaire).

## 1 Domaine d'application

Le présent document décrit des méthodes pour le mesurage et la caractérisation des bruits d'aéronefs perçus dans l'environnement (à l'extérieur ou à l'intérieur de locaux), dans des conditions de trafic aéronautique, de météorologie et de site données. Elle s'adresse aussi bien aux activités aéronautiques civiles (transport et aviation générale, remorquage de planeur, parachutisme) que militaires.

Le présent document s'applique particulièrement à la caractérisation ponctuelle de l'impact sonore d'une phase de vol aéronautique (décollage, atterrissage ou survol).

Le présent document définit :

- les conditions de mesurage des niveaux de pression acoustique ;
- les méthodes de classification et de description des événements aéronautiques ;
- les méthodes de caractérisation acoustique (descripteurs) ; toutefois, ne privilégiant pas d'indicateur particulier pour évaluer la contribution sonore aéronautique, il n'est pas proposé dans ce document, de méthode pour déterminer explicitement la potentialité de gêne du trafic aérien observé. Pour ce faire, les éléments décrits ici associés à d'autres données (comparatif avec d'autres situations aéronautiques, données sociologiques...) permettront à l'utilisateur d'y parvenir ;
- les évaluations concomitantes indispensables (caractérisation du site, météorologie et trafic aéronautique observés pendant les mesurages).

Le présent document n'est pas destiné à :

- l'évaluation sur une période étendue du niveau sonore en un point, du fait qu'elle ne prend pas en compte les variations météorologiques et de trafic aéronautique à long terme ;
- l'élaboration ou validation de cartographies sonores long terme ;
- la caractérisation d'un système de mesurage en continu autour des aéroports ;
- la caractérisation et au mesurage du bruit de cabine ;
- la caractérisation et au mesurage des bruits résultant d'une activité d'aéromodélisme ;
- la caractérisation et au mesurage de bang sonique ;
- la caractérisation et au mesurage des bruits résultant d'une activité aéronautique non directement liée à une phase de vol (décollage, atterrissage ou survol), comme par exemple :
  - des opérations de maintenance (essais moteurs) ;
  - des opérations et des mouvements d'aéronef effectués sur l'aire de parking ou les taxiways ;
- la détermination ou la validation des niveaux de bruit de certification ;
- la validation des modèles de calcul de bruit aéronautique ;
- l'évaluation des bruits auxquels les travailleurs sont exposés dans leurs activités professionnelles, à la détermination de leurs effets lésionnels et à l'évaluation de leurs effets sur la santé.

## 2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

NF EN 60942, *Électroacoustique — Calibreurs acoustiques* (indice de classement : S 31-139).

NF EN 61260, *Électroacoustique — Filtres de bande d'octave et de bande d'une infraction d'octave* (indice de classement : C 97-010).

NF EN 61672-1:2002, *Électroacoustique — Sonomètres — Partie 1 : Spécifications* (indice de classement : S 31-009-1).

NF EN 61672-2, *Électroacoustique — Sonomètres — Partie 2 : Essais d'évaluation d'un modèle* (indice de classement : S 31-009-2).

NF EN 61672-3, *Électroacoustique — Sonomètres — Partie 3 : Essais périodiques* (indice de classement : S 31-009-3).

NF ENV 13005, *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM)* (indice de classement : X 07-020).

NF ISO 5725, Parties 1 à 6, *Exactitude (justesse et fidélité) des résultats et méthodes de mesure* (indice de classement : X 06-041-1 à 6).

NF S 30-101, *Vocabulaire de l'acoustique — Définitions générales*.

prFD S 31-115, *Guide sur les incertitudes de mesure en acoustique dans l'environnement*<sup>1)</sup>.

prFD S 31-117, *Guide d'autocontrôle de l'appareillage de mesure acoustique*<sup>1)</sup>.

## 3 Termes et définitions

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

### 3.1

#### niveaux sonores

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

En outre, dans le cadre du présent document, les définitions suivantes sont applicables :

#### 3.1.1

##### niveau de pression acoustique, $L_p$

niveau de pression acoustique donné, en décibels, par la formule :

$$L_p = 10 \lg \left[ \frac{p^2}{p_0^2} \right]$$

où :

$p$  est la pression acoustique efficace (en pascals) ;

$p_0 = 20 \mu\text{Pa}$  est la pression acoustique de référence.

Lorsque la pression acoustique est pondérée en fréquence, on l'indique en faisant suivre la grandeur utilisée (ici  $L_p$ ) du symbole utilisé pour la pondération.

#### EXEMPLE

Si la pondération fréquentielle «A» est utilisée, le niveau de pression acoustique (pondéré A) est noté  $L_{pA}$ , et exprimé en dB(A) :

$$L_{pA} = 10 \lg \left[ \frac{p_A^2}{p_0^2} \right]$$

1) En préparation.

### 3.1.2

#### niveau de pression acoustique continu équivalent, $L_{\text{eq},T}$

valeur du niveau de pression acoustique d'un son continu stable qui, au cours d'une période spécifiée  $T$ , a la même pression acoustique quadratique moyenne qu'un son considéré dont le niveau varie en fonction du temps

Il est défini par la formule :

$$L_{\text{eq},T} = 10 \lg \left[ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p(t)^2}{p_0^2} dt \right]$$

où :

$L_{\text{eq},T}$  est le niveau de pression acoustique continu équivalent, en décibels, déterminé pour un intervalle de temps  $T$  qui commence à  $t_1$  et se termine à  $t_2$  ;

$p_0$  est la pression acoustique de référence (20  $\mu\text{Pa}$ ) ;

$p(t)$  est la pression acoustique fonction du temps, du signal acoustique.

NOTE Lorsque l'on désire préciser les bornes de l'intervalle de mesure,  $L_{\text{eq},T}$  peut être écrit  $L_{\text{eq}(t_1, t_2)}$  ; par exemple,  $L_{\text{eq}(6\text{h}, 22\text{h})}$  est le niveau de pression acoustique continu équivalent déterminé entre 6 h 00 et 22 h 00.

Lorsque la pression acoustique est pondérée en fréquence par la pondération «A», le niveau équivalent pondéré A de la pression acoustique est noté  $L_{\text{Aeq},T}$ , et exprimé en dB(A) :

$$L_{\text{Aeq},T} = 10 \lg \left[ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A(t)^2}{p_0^2} dt \right]$$

### 3.1.3

#### niveau de pression acoustique continu équivalent «court», $L_{\text{eq},\tau}$

niveau de pression acoustique continu équivalent obtenu sur un intervalle de temps «court». Cet intervalle de temps, appelé durée d'intégration, a pour symbole  $\tau$

Le  $L_{\text{eq}}$  court est utilisé pour obtenir une représentation fine de l'évolution temporelle des événements acoustiques pendant l'intervalle de mesure. La durée d'intégration retenue dépend de la durée des phénomènes que l'on veut mettre en évidence. Elle est généralement de durée inférieure ou égale à 1 s.

$$L_{\text{eq},\tau} = 10 \lg \left[ \frac{1}{\tau} \int_{\tau} \frac{p(t)^2}{p_0^2} dt \right]$$

On peut calculer le niveau de pression acoustique continu équivalent d'un bruit particulier par la formule suivante :

$$L_{\text{Aeq},T_{\text{part}}} = 10 \lg \left[ \frac{1}{T_{\text{part}}} \sum_{i=1}^{i=N} \tau \cdot 10^{0,1(L_{\text{Aeq},\tau})_i} \right]$$

où :

$T_{\text{part}}$  est la durée d'apparition totale du bruit particulier :  $T_{\text{part}} = \tau \times N$ ,

$\tau$  est la durée d'intégration choisie pour la détermination des  $L_{\text{Aeq}}$  courts,

$N$  est le nombre total de valeurs de  $L_{\text{eq}}$  courts décrivant la contribution énergétique du bruit particulier considéré.

Lorsque la pondération A est utilisée, il est noté  $L_{\text{Aeq},\tau}$  :

$$L_{\text{Aeq},\tau} = 10 \lg \left[ \frac{1}{\tau} \int_{\tau} \frac{p_A(t)^2}{p_0^2} dt \right]$$

**3.1.4****niveau acoustique d'exposition,  $L_E$  (en décibels)**

dix fois le logarithme décimal du rapport de l'exposition acoustique,  $E$ , et de l'exposition acoustique de référence,  $E_0$ , où l'exposition acoustique est l'intégrale temporelle sur un intervalle de temps  $T$ , ou la durée d'un événement, des pressions acoustiques instantanées pondérées en fréquence,  $p(t)$ , élevées au carré

NOTE 1 L'exposition acoustique de référence  $E_0$  est égale au carré de la pression acoustique de référence de 20  $\mu\text{Pa}$  (micropascals), multiplié par le temps de référence de 1 s [ $400 (\mu\text{Pa})^2\text{s}$ ].

$$L_E = 10 \lg \left( \frac{E}{E_0} \right) \text{dB}$$

$$\text{avec } E = \int_T p^2(t) dt$$

NOTE 2 Le niveau d'exposition acoustique est exprimé en décibels (dB).

NOTE 3 L'exposition acoustique est exprimée en Pascals carrés secondes ( $\text{Pa}^2\text{s}$ ).

NOTE 4 Pour la mesure du niveau d'exposition pendant une durée spécifique, la durée d'intégration doit être mentionnée et la notation doit être  $L_E$ .

$$L_E = L_{\text{eq}}(T) + 10 \lg (T/T_0) \text{ avec } T_0 = 1 \text{ s}$$

NOTE 5 Pour le niveau d'exposition d'un événement, la nature de l'événement doit être spécifiée.

NOTE 6 Si la pondération A est utilisée, l'exposition acoustique est désignée par  $L_{AE}$ .

NOTE 7  $L_E$  est parfois désigné par SEL (Sound Exposure Level) sur les sonomètres.

**3.1.5****niveau acoustique fractile,  $L_{N,\tau}$ ,  $L_{AN,\tau}$** 

par analyse statistique de  $L_{\text{eq}}$  courts, on peut déterminer le niveau de pression acoustique dépassé pendant N % de l'intervalle de temps considéré, dénommé «Niveau acoustique fractile» ; Son symbole est  $L_{N,\tau}$

Par exemple,  $L_{90,1\text{s}}$  est le niveau de pression acoustique continu équivalent dépassé pendant 90 % de l'intervalle de mesure, avec une durée d'intégration égale à 1 s.

Lorsque la pondération A est utilisée, il est noté  $L_{AN,\tau}$

**3.2 Intervalles de temps****3.2.1****intervalle élémentaire**

intervalle sur lequel est mesuré le  $L_{\text{eq}}$  court (en général, de l'ordre de la seconde, ou moins)

**3.2.2****intervalle de base**

intervalle pour lequel les mesures sont jugées statistiquement représentatives du fonctionnement des sources ou infrastructures et pour lequel les conditions météorologiques sont jugées stationnaires

**3.2.3****intervalle de mesure**

intervalle de temps au cours duquel la pression acoustique quadratique est intégrée et moyennée

Dans le cas d'un mesurage utilisant les  $L_{\text{eq}}$  courts, intervalle au cours duquel la pression acoustique quadratique est échantillonnée en intervalles élémentaires.

**3.2.4****intervalle d'observation**

intervalle de temps à l'intérieur duquel sont compris tous les intervalles de mesure, soit en continu, soit par intermittence

**3.2.5****intervalle de référence**

intervalle retenu pour caractériser une situation acoustique et pour déterminer de façon représentative l'exposition au bruit des personnes

Il peut être spécifié dans des normes, des textes réglementaires ou des cahiers des charges, de manière à englober les activités humaines typiques et les variations des sources de bruit dans une situation donnée.

Il est composé d'un nombre entier d'intervalles de base, éventuellement disjoints.

### 3.2.6

#### intervalle événementiel

intervalle de temps entre la fin d'un événement aéronautique et le début du suivant

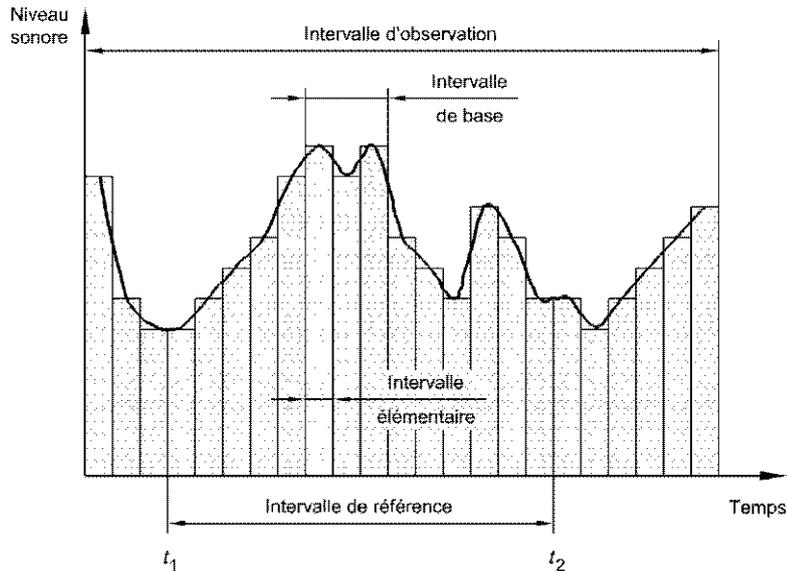


Figure 1 — Intervalles caractéristiques

### 3.3

#### émergence

modification du niveau du bruit ambiant induite par l'apparition ou la disparition d'un bruit particulier, perceptible sans exiger d'effort d'attention particulier

Cette modification porte sur le niveau global ou sur le niveau mesuré dans une bande quelconque de fréquences.

### 3.4

#### classe

intervalle délimité par une valeur minimale et une valeur maximale

Ce paramètre est généralement utilisé pour la réalisation des analyses distributives. On trouve notamment des classes de niveaux, des classes de temps, ...

## 3.5 Catégories de bruit

### 3.5.1

#### bruit ambiant

bruit total existant dans une situation donnée pendant un intervalle de temps donné. Il est composé des bruits émis par toutes les sources proches ou éloignées

NOTE Le bruit ambiant, mesuré à un instant donné et en un emplacement donné, pour caractériser une situation acoustique dont la modification est envisagée peut être appelé le bruit initial. Il doit être associé à une référence de date et d'heure.

### 3.5.2

#### bruit particulier

composante du bruit ambiant qui peut être identifiée spécifiquement et que l'on désire distinguer du bruit ambiant notamment parce qu'il est l'objet d'une requête

NOTE Dans le cas du présent document, il s'agit principalement du bruit dont l'origine aéronautique est authentifiée.

### 3.5.3

#### bruit résiduel

bruit ambiant, en l'absence du (des) bruit(s) particulier(s) considéré(s)

**3.5.4****bruit stable**

bruit dont les fluctuations de niveau sont négligeables au cours de l'intervalle de base : les fluctuations de niveaux sont contenues dans un intervalle de 2 dB pendant une durée de 1 min avec une durée d'intégration de 1 s

**3.5.5****bruit fluctuant**

bruit dont le niveau varie, dans un intervalle supérieur à 2 dB au cours de l'intervalle de mesurage

**3.5.6****bruit périodique**

bruit apparaissant et disparaissant de façon régulière, et dont le niveau maximum reste identique

**3.5.7****bruit répétitif**

bruit composé d'une succession périodique d'événements acoustiques discrets semblables

**3.5.8****bruit impulsionnel**

bruit consistant en une ou plusieurs impulsions d'énergie acoustique ayant chacune une durée inférieure à 1 s ou de l'ordre de 1 s et séparées par des intervalles de temps de durées supérieures à 0,2 s

**3.6 Catégories d'événements****3.6.1****événement acoustique**

modification du niveau ou de la tonalité d'un son ou d'un bruit, dans les limites de la détection

La succession d'une telle modification puis de la modification inverse (retour à l'état antérieur) est également appelée événement acoustique.

Un événement acoustique peut être de durée indéterminée à l'échelle de l'observation (relèvement d'un niveau, apparition d'un sifflement) ou finie (bruit de passage d'un véhicule).

**3.6.2****événement acoustique discret**

phénomène acoustique identifiable de durée courte et limitée (en général moins de quelques minutes), et pouvant se répéter plusieurs fois au cours de l'intervalle

**3.6.3****événement aéronautique**

événement acoustique discret provoqué par le survol d'un aéronef

**3.7****émergence événementielle**

émergence se caractérisant par la différence entre un niveau sonore décrivant le bruit avant l'apparition de l'événement aéronautique et un niveau sonore maximal mesuré pendant cet événement

Elle est définie par la formule suivante :

$$E_{\text{evt}} = L_{\text{Aeq } 5\text{s max}} - L_{\text{A50}}$$

où :

$L_{\text{Aeq } 5\text{s max}}$  est le niveau  $L_{\text{Aeq } 5\text{s}}$  maximum de l'événement aéronautique ;

$L_{\text{A50}}$  est le niveau fractile 50 % calculé en prenant en compte le bruit ambiant observé avant l'apparition de l'événement aéronautique concerné. La fenêtre temporelle prise en compte dans le calcul du niveau fractile est égale à 5 min.

NOTE 1 La définition de l'émergence événementielle est différente de celle de l'indicateur d'émergence décrite dans d'autres normes (exemple NF S 31-010). En effet, l'indicateur d'émergence est basé sur le calcul de  $L_{\text{Aeq}}$  long terme.

NOTE 2 Les critères couramment employés pour caractériser le bruit de voisinage (ex. émergence de 3 dB la nuit et 5 dB le jour) et basés sur du calcul de  $L_{\text{Aeq}}$  long terme ne peuvent pas être appliqués à l'émergence événementielle.

### 3.8

#### **audibilité tonale**

situation acoustique durant laquelle on perçoit distinctement une fréquence particulière

### 3.9 Analyses distributives

#### 3.9.1

##### **analyse distributive des niveaux instantanés maximums**

nombre d'événements sonores d'origine aéronautique dont le niveau maximal est compris dans une classe de niveaux donnée, et ce pour un intervalle de mesurage donné

#### 3.9.2

##### **analyse distributive des niveaux $L_{AE}$**

nombre d'événements sonores d'origine aéronautique dont le niveau  $L_{AE}$  est compris dans une classe de niveaux donnée, et ce pour un intervalle de mesurage donné

#### 3.9.3

##### **analyse distributive des émergences événementielles**

nombre d'événements sonores d'origine aéronautique dont  $E_{ev1}$  est comprise dans une classe de niveaux donnée, et ce pour un intervalle de mesurage donné

#### 3.9.4

##### **analyse distributive des intervalles événementiels**

nombre d'intervalles relevés au cours d'un intervalle de mesurage donné dont les durées sont comprises dans une classe de temps donnée

NOTE Une distinction jour, soirée et nuit est éventuellement à considérer.

### 3.10 Métrologie

#### 3.10.1

##### **chaîne de mesure**

suite d'éléments d'un appareil de mesure ou d'un système de mesure qui constitue le chemin du signal de mesure depuis l'entrée jusqu'à la sortie

Cet ensemble d'appareils compris entre le microphone et l'indicateur comprend ou non un enregistreur.

#### 3.10.2

##### **étalonnage**

ensemble des opérations établissant, dans des conditions spécifiées, la relation entre les valeurs de la grandeur indiquées par un appareil de mesure ou un système de mesure et les valeurs correspondantes de la grandeur réalisées par des étalons

#### 3.10.3

##### **calibrage**

positionnement matériel de chaque repère (éventuellement de certains repères principaux seulement) d'un instrument de mesure en fonction de la valeur lue correspondante

NOTE Ne pas confondre le calibrage, qui ne comporte qu'un seul repère, avec l'étalonnage, qui peut porter sur une gamme de valeurs, et pour lequel en outre les conditions d'ambiance sont maîtrisées.

#### 3.10.4

##### **traçabilité**

aptitude à retrouver l'historique, l'utilisation ou la localisation d'une entité au moyen d'identifications enregistrées

Dans le contexte du présent document, l'entité est constituée des éléments suivants :

- nom du (ou des) opérateur(s) ;
- habilitation du (ou des) opérateur(s) ;
- chaîne de mesure ;
- processus de mesurage et de calcul ;
- rapport ou compte rendu de mesurage.

### 3.11 Termes aéronautiques

#### 3.11.1

##### **QFU**

il définit la piste et le sens des mouvements d'avion sur celle-ci durant la phase de décollage ou d'atterrissage. Les conditions météorologiques et les prévisions d'évolution conditionnent le choix du QFU. Un changement de QFU peut intervenir à tout moment de la journée

Il est défini en dizaines de degrés par rapport au nord magnétique et une lettre dans le cas de pistes parallèles (exemple : QFU 14L pour une utilisation de la piste gauche sens 140° magnétique).

#### 3.11.2

##### **aéronef**

aéronef désigne tout appareil capable de s'élever ou de circuler dans les airs (avions, hélicoptères, ULM, dirigeables ...). Il se distingue par son mode de propulsion (réacteur, hélice et turbopropulseur, hélice et moteur à piston...) et sa masse

Dans le présent document, les familles principales suivantes sont considérées :

- avions à réaction supersoniques ;
- avions à réaction subsoniques ;
- avions à hélices turbopropulseurs ;
- avions légers à hélices (masse inférieure à 9 t) ;
- hélicoptères ;
- ULM ;
- autres (drone, dirigeable, ...).

#### 3.11.3

##### **activité aéronautique**

elle définit un ensemble de mouvements d'aéronef s'effectuant dans un but particulier. En considérant les types de nuisances sonores spécifiques engendrés, le présent document distingue les activités aéronautiques suivantes :

- aviation commerciale : transport payant de passagers (ou de fret) dans le cadre d'une activité de transport déclarée ;
- aviation générale : transport gratuit de passagers, avec les distinctions suivantes :
  - tour de piste (écolage) et voyage ;
  - largage de parachutiste ;
  - remorquage de planeur ;
  - voltige aérienne ;
  - travail aérien ;
  - ULM ;
- autre (dirigeable, drone ...).

#### 3.11.4

##### **mouvement et procédure aéronautique**

un mouvement aéronautique définit la phase de vol de l'aéronef

Au sens du présent document, il peut être de trois sortes :

- une arrivée (celle-ci en ce qui concerne les avions s'achevant lorsque l'aéronef libère la piste) ;
- un départ (celui-ci en ce qui concerne les avions débutant au lâcher des freins) ;
- un survol.

La procédure aéronautique caractérise le type de mouvement. La procédure aéronautique suivie dépend, outre de la destination ou de la provenance de l'aéronef, de la configuration d'utilisation de ou des piste(s) d'atterrissage/décollage (exemple : arrivée ILS 32L, départ MABES 4N).

### 3.11.5

#### trafic aéronautique

il caractérise un ensemble de mouvements d'aéronefs dont les particularités sont définies par :

- le nombre de passages par type(s) d'aéronef ;
- le type de mouvement (arrivée, départ, survol) ;
- l'occurrence (jour, soirée et nuit),

sur une procédure aéronautique donnée

### 3.11.6

#### identification de l'événement acoustique aéronautique

elle comporte au minimum :

- le type d'aéronef suivant la classification définie en 3.11.2 ;
- le type d'activité suivant la classification définie en 3.11.3 ;
- le type de mouvement suivant la classification définie en 3.11.4.

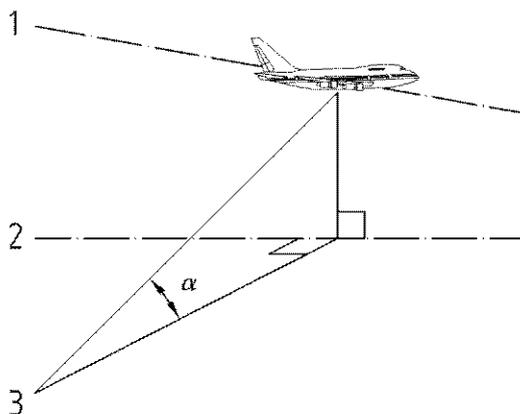
Des informations complémentaires sont fortement conseillées. Elles peuvent être obtenues auprès de l'aéroport (autorités compétentes). Elles sont les suivantes :

- le type d'aéronef suivant sa définition reconnue par les autorités aéronautiques ;
- la date et l'heure de mouvement enregistrées ;
- l'altitude de survol à la verticale du point de mesure.

### 3.11.7

#### angle d'élévation

il est défini suivant la Figure 2



#### Légende

- 1 Trajectoire
- 2 Projection de la trajectoire au sol
- 3 Point d'observation
- $\alpha$  Angle d'élévation

Figure 2

## 4 Symboles

Les symboles des niveaux acoustiques sont rassemblés dans le Tableau 1 ci-après.

**Tableau 1 — Symboles des principales grandeurs acoustiques utilisées dans cette norme**

Grandeurs	Symboles	Unités	Observations
Niveau de pression acoustique	$L_p$	dB	
Niveau de pression acoustique pondéré A	$L_{pA}$	dB(A)	
Niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A	$L_{Aeq,T}$	dB(A)	L'intervalle de temps doit être spécifié.
Niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A court	$L_{Aeq,\tau}$	dB(A)	La durée d'intégration doit être spécifiée.
Niveau acoustique fractile pondéré A	$L_{AN,\tau}$	dB(A)	La durée d'intégration doit être spécifiée.
Niveau acoustique d'exposition pondéré A	$L_{AE}$	dB(A)	Pour événements acoustiques discrets.
Émergence événementielle	$E_{evt}$	dB(A)	Ne pas confondre avec l'indicateur d'émergence définie dans d'autres normes (NF S 31-010)

## 5 Mesurage des niveaux de pression acoustique

### 5.1 Appareillage

#### 5.1.1 Généralités

La chaîne de mesurage doit permettre de déterminer le niveau de pression acoustique continu équivalent (en conformité avec la définition donnée en 3.1.2) dans le cas général.

Les spécifications nominales de l'appareillage de mesure doivent être conformes aux spécifications de la norme NF EN 61672-1 pour les grandeurs mesurées et dans les conditions d'usage prévues.

La gamme d'analyse fréquentielle courante doit couvrir l'intervalle de 50 Hz à 10 kHz.

Le dispositif de mesurage doit être complété par un calibre dont les spécifications sont conformes à celles de la norme NF EN 60942.

Certaines de ces spécifications doivent faire l'objet de contrôles réguliers, cités au 5.1.2.

L'appareillage de mesure doit permettre le mesurage et le stockage de niveau  $L_{Aeq,1s}$  et si nécessaire (voir § 6), l'enregistrement audio, exclusivement pour l'identification des sources aéronautiques. Cette partie de la chaîne de mesurage, si elle est utilisée, ne nécessite pas la conformité à la norme NF EN 61672-1.

L'analyse et le stockage de données spectrales par bande de tiers d'octave en temps réel peuvent apporter un complément utile.

Avant tout mesurage, il faut s'assurer que la dynamique et le bruit de fond de l'appareil de mesure soient compatibles avec les signaux à mesurer.

L'appareil de mesure doit être équipé d'un indicateur de surcharge, permettant de contrôler la validité de la mesure.

Les résultats issus des procédures de calibrage avant et après chaque période de mesurage (en considérant un intervalle maximal de 12 h) doivent être sauvegardés.

Chaque séance de mesure impliquant un déplacement de la chaîne de mesurage doit être précédée d'un contrôle fonctionnel de la chaîne de mesurage comportant l'assemblage (y compris les connexions de signal) et d'un calibrage.

**NOTE** Il faut tenir compte du fait que la précision des caractérisations acoustiques dans le cadre du présent document n'est pas seulement fonction de la précision de l'appareillage de mesure utilisé, mais dépend également d'autres facteurs tels que les facteurs météorologiques, les conditions de fonctionnement des sources de bruit, la nature des sols, etc.

### 5.1.2 Contrôle de l'appareillage

Le dispositif de mesurage (chaîne de mesurage ou sonomètre compact) doit :

- lors de sa mise en service, avoir satisfait les exigences de la norme NF EN 61672-1 en suivant une procédure de vérification individuelle ou de type selon la méthodologie de la norme NF EN 61672-2 ;
- subir des vérifications régulières selon la totalité des indications de la norme NF EN 61672-3. Ces vérifications périodiques sont effectuées par un laboratoire indépendant. À titre indicatif, la périodicité recommandée est de deux ans.

Le dispositif de mesurage doit avoir été vérifié pour les conditions d'environnement dans lesquelles sont effectuées les mesures.

- subir des contrôles périodiques portant sur une liste réduite de paramètres (ces contrôles périodiques peuvent être effectués par l'entité utilisant le dispositif de mesurage ou par un organisme spécialisé) ;

Le dispositif de mesurage doit bénéficier de ces contrôles périodiques au moins tous les six mois ou après chaque modification ou après une surcharge importante : un guide technique édité par AFNOR (prS 31-117<sup>2)</sup>) expose une méthode compatible avec cette exigence. À défaut, il est possible d'employer une méthode équivalente et documentée 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.

- subir des contrôles sur site lors de chaque opération ;

L'utilisateur doit faire au moins avant et après chaque série de mesurages, un calibrage de l'appareillage à l'aide d'un calibre d'une classe au moins équivalente à celle du dispositif de mesurage, à au moins une fréquence comprise entre 250 Hz et 1 000 Hz. Si les valeurs lues lors des calibrages s'écartent de plus de 0,5 dB, les mesurages doivent être recommencés.

## 5.2 Précautions de mesurage

### 5.2.1 Conditions conventionnelles de mesurage

Ce paragraphe définit les conditions conventionnelles de mesurage, pour lesquelles aucune évaluation spécifique des effets des conditions météorologiques n'est requise.

S'agissant de l'influence sur la membrane du microphone, les conditions conventionnelles de mesurage sont :

- pas de présence de pluie marquée ;
- une vitesse de vent au voisinage du microphone inférieure à 6 m/s en vitesse moyenne de court terme (30 s) ;
- des conditions de température ou d'humidité compatibles avec les recommandations de la norme NF EN 61672 ou celle du constructeur de la chaîne sonométrique si elle permet une plage d'utilisation plus étendue (en général : entre - 10 °C et + 50 °C, moins de 90 % d'humidité).

S'agissant de l'influence sur la propagation sonore, les conditions conventionnelles de mesurage sont : angle d'élévation supérieur à 30° (voir Figure 2).

### 5.2.2 Conditions spécifiques de mesurage

Ce paragraphe définit les conditions spécifiques de mesurage pour lesquelles il est impératif de prendre toutes les précautions appropriées, de décrire précisément ces conditions et d'apprécier qualitativement leurs incidences sur la valeur mesurée (perturbation de la mesure due au bruit de fond du vent par exemple).

L'Article 7 donne des indications sur la qualification des conditions de propagation et son influence sur la propagation.

S'agissant de l'influence sur la membrane du microphone, les conditions spécifiques de mesurage sont :

hors conditions conventionnelles décrites précédemment.

S'agissant de l'influence sur la propagation sonore, les conditions spécifiques de mesurage sont :

angle d'élévation inférieur à 30° (voir Figure 2).

---

2) *En préparation.*

## **5.3 Emplacements de mesurage**

### **5.3.1 Mesurage à l'intérieur**

Quand il est nécessaire d'effectuer des mesurages à l'intérieur des locaux, ces mesurages doivent être effectués, si les conditions de mesurage le permettent, au centre des pièces où l'on désire connaître la situation sonore, à une hauteur de 1,50 m. Si nécessaire, des points additionnels de mesurage peuvent être retenus, de préférence à au moins 1 m des parois ou des autres grandes surfaces réfléchissantes, entre 1,2 m et 1,5 m au-dessus du plancher.

Dans le cas de volumes supérieurs à 150 m<sup>3</sup>, ces emplacements additionnels sont nécessaires. Les positions de microphone doivent alors être consignées dans le compte-rendu de l'essai.

Les mesurages sont effectués portes fermées en considérant des conditions normales d'utilisation des locaux (position des fenêtres, volets ...).

### **5.3.2 Mesurage à l'extérieur**

#### **5.3.2.1 Mesurage chez un plaignant**

Dans le cas d'une mesure chez un plaignant, le point de mesurage doit être positionné à l'intérieur des limites de la propriété exposée au bruit, conformément aux conditions d'apparition du bruit :

- zones normalement occupées par le plaignant (terrasse, plage de piscine, ...) ;
- conditions de trafic aérien non exceptionnelles.

#### **5.3.2.2 Mesurage en un point représentatif pour un ensemble de plaignants**

Pour rendre compte des niveaux sonores existants sur le site, le point de mesurage doit être choisi de manière à éviter tout effet de masque dû à la présence des bâtiments (mesure au-dessus du niveau des toitures par exemple).

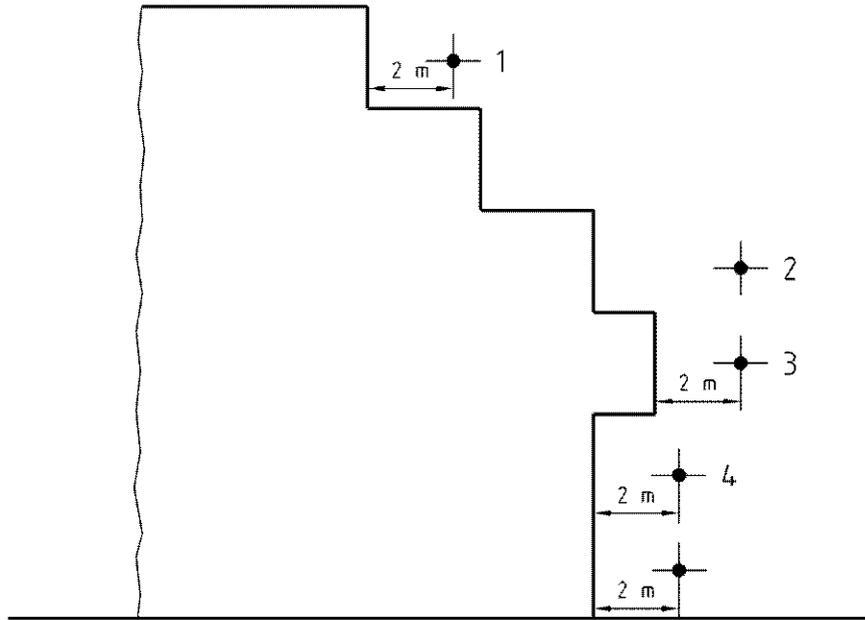
#### **5.3.2.3 Position du microphone**

Le microphone doit être fixé à la hauteur (réelle ou présumée) du récepteur choisi.

Les positions de microphone doivent être consignées dans le compte rendu d'essai. Les emplacements de mesurage doivent être indiqués précisément et peuvent être représentés sur un plan coté.

Sauf spécification contraire, les emplacements de mesurage doivent être situés à 2 m au moins des surfaces réfléchissantes.

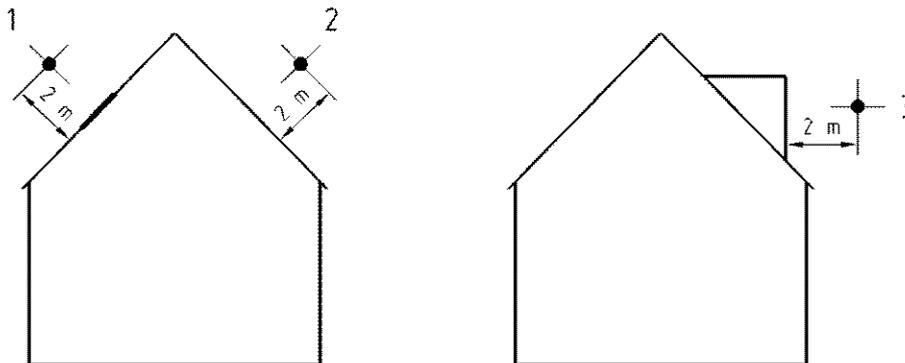
Si l'emplacement de mesurage se trouve en face d'une fenêtre, celle-ci doit être fermée pendant les mesurages si l'objectif des mesurages est de déterminer un isolement de façade en utilisant comme source le trafic aérien réel. Pour la caractérisation d'un niveau extérieur, la fenêtre peut être ouverte ou fermée suivant les conditions d'apparition du bruit (à préciser lors des mesurages). L'entrebâillement de la fenêtre pour un passage de câble est toléré.



### Légende

- |   |                     |   |                   |
|---|---------------------|---|-------------------|
| 1 | Terrasse en retrait | 3 | Loggia            |
| 2 | Balcon              | 4 | Fenêtre en façade |

#### a) Positionnement en façade



### Légende

- |   |                      |   |                        |
|---|----------------------|---|------------------------|
| 1 | Fenêtre en toiture   | 3 | Lucarne ou chien-assis |
| 2 | Toiture sans fenêtre |   |                        |

#### b) Positionnement en toiture

Figure 3 — Exemples de positionnement du microphone à l'extérieur

## 5.4 Éléments de choix des intervalles de temps pour les mesurages

### 5.4.1 Intervalle de référence

S'il n'est pas défini par ailleurs (réglementation ou documents contractuels...), on peut choisir, par exemple un intervalle de référence de 24 h ou des intervalles de référence pour les périodes de jour, de nuit, de soirée, de fin de semaine, de jour férié ou de la durée d'une manifestation aérienne.

### 5.4.2 Intervalle d'observation

Les mesurages peuvent être effectués de façon continue ou par intermittence pendant un intervalle d'observation, de durée telle, que les résultats puissent être considérés comme représentatifs de la situation acoustique considérée relative à l'intervalle de référence.

### 5.4.3 Intervalle de mesurage

On doit choisir les intervalles de mesurage au cours de l'intervalle d'observation de façon à recouvrir toute variation significative de l'émission et de la transmission du bruit.

Ils peuvent notamment être choisis pour rendre compte :

- de conditions météorologiques particulières recherchées (répercussions sur la propagation ou sur le comportement des aéronefs) ;
- de la nature du trafic (nombre et type de mouvement, procédure de vol suivie, apparition) et du type de flotte (type avion) aéronautique étudiés.

Avant tout mesurage, une étude préliminaire du trafic objet de l'étude est à effectuer et doit être présentée dans le rapport de mesurage. Cette étude doit conditionner les choix de méthodologie de mesurage (avec ou sans opérateur, choix des horaires...). Dans le cas du trafic commercial, les prévisions de trafic peuvent être obtenues auprès du gestionnaire de l'aéroport.

La représentativité des mesurages en regard des données de trafic observées et statistiques doit être commentée dans le rapport de mesurage.

## 6 Méthode de classification et de description des événements aéronautiques

### 6.1 Classification des événements aéronautiques

Une attention particulière est portée sur la classification d'un événement sonore correspondant à un survol d'avion, autrement dit, sur le codage des événements qui est la matérialisation de cette classification. Une méthode de codage automatisée est décrite dans cette partie, permettant de définir les instants de début et de fin des événements sonores aéronautiques.

La Figure 4 résume schématiquement les différentes étapes qui sont décrites dans ce paragraphe, conduisant à la caractérisation de l'impact sonore des événements aéronautiques observés en un site de mesurage donné.

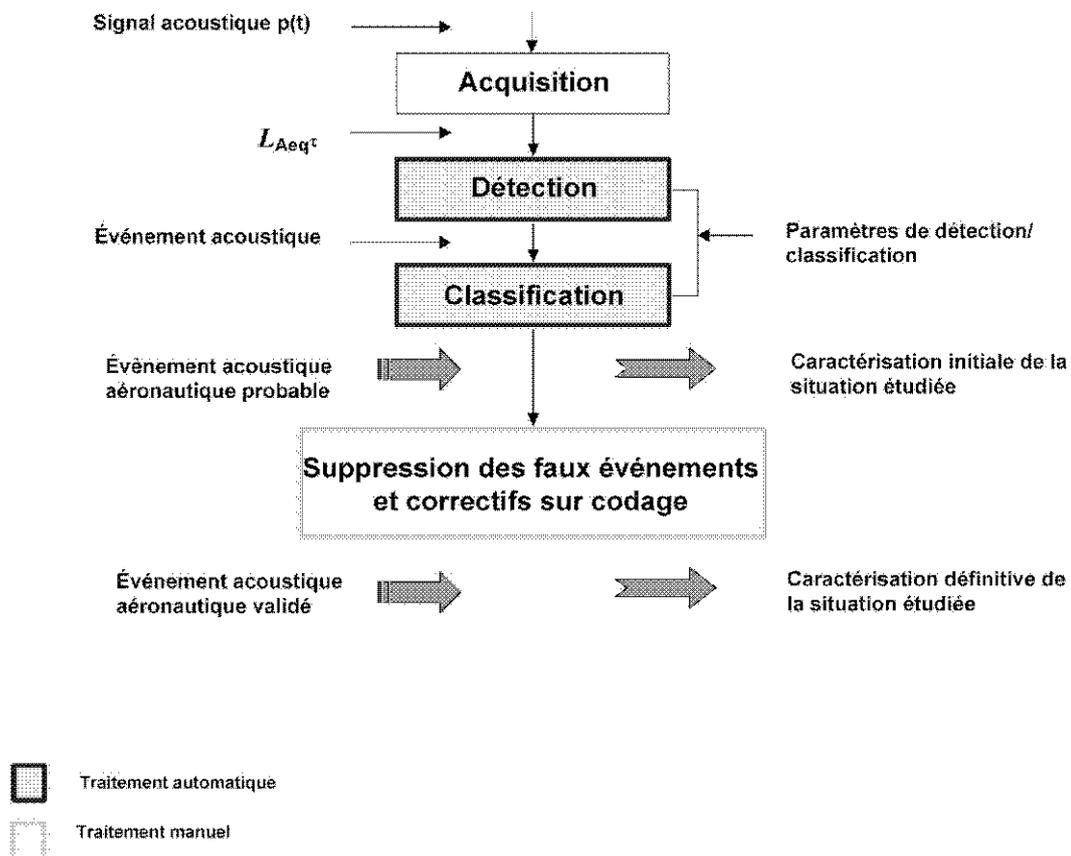


Figure 4 — Classification des événements aéronautiques

Ce schéma est commenté dans le Tableau 2 ci-après. Les étapes successives sont décrites dans les paragraphes qui suivent.

**Tableau 2 — Étapes conduisant à la caractérisation de l'impact sonore d'un trafic aérien**

<b>Acquisition</b>	Suite des $L_{Aeq}$ court (+ éventuellement suite des spectres 1/3 oct)
<b>Détection</b>	Dépassement d'un seuil relatif obtenu à partir d'un niveau statistique ( $L_{AN} + X$ dB) calculé sur une durée $dt$
<b>Classification</b>	Discrimination d'événement aérien probable avec codage (début et fin) <b>Critères utilisés</b> (paramétrables selon la situation de mesure : type de trafic, bruit de fond, ...): — Durées minimales et maximales — Amplitude minimale — Pente d'auscultation (calcul de pente moyenne sur une période glissante de $x$ secondes avant et après le point étudié)
<b>Caractérisation initiale de la situation étudiée</b>	Calculs des descripteurs Sortie des résultats de la classification automatique <b>Type de données :</b> — Descripteurs acoustiques — Descripteurs de trafic aérien
<b>Suppression des faux événements et correctifs sur codage automatique</b>	Identification définitive, automatique ou manuelle Élimination des événements sonores codés ne correspondant pas à des événements aériens Adaptation éventuelle des résultats du codage automatique (ajout ou modification) <b>Techniques utilisées :</b> — Comparaison avec codage manuel sur site — Données radar — Écoute des enregistrements audio — Analyse des données spectrales — Codage corrigé à partir du maximum d'un événement utilisant l'auscultation avec les paramètres initiaux de la classification — Expérience utilisateur
<b>Caractérisation définitive de la situation étudiée</b>	Calculs des descripteurs Sortie des résultats de la classification validée <b>Type de résultats :</b> — Descripteurs acoustiques — Descripteurs de trafic aérien

### 6.1.1 Acquisition

Afin d'obtenir une répartition fine des événements acoustiques pendant l'intervalle d'observation, il est effectué des mesurages de  $L_{Aeq \tau}$  de façon continue au cours de cet intervalle.

La durée d'intégration des  $L_{Aeq \tau}$  pour le mesurage d'événements aériens en environnement est égale à 1 s ( $\tau = 1$  s).

D'autres grandeurs, comme par exemple les données spectrales 1/3 octave, peuvent également compléter les données globales.

Pour les besoins de la validation des événements classés comme «événements aériens» (voir 6.1.4), l'acquisition peut être accompagnée d'un marquage manuel des survols (si l'opérateur est présent) et/ou de l'enregistrement du signal audio.

### 6.1.1.1 *Mesurage avec la présence d'opérateur*

Une première identification des événements sonores est réalisée sur place par l'opérateur.

L'appréciation de la qualité acoustique des événements aéronautiques enregistrés est effectuée par l'opérateur pendant le mesurage (identification de présence de bruit parasite pendant les survols).

La détection et le codage doivent être réalisés de manière automatique, pendant ou après l'acquisition, suivant les critères exposés dans les paragraphes ci-après.

### 6.1.1.2 *Mesurage sans la présence d'opérateur*

En l'absence de données radar, l'enregistrement audio des signaux acoustiques est obligatoire pour la validation de la classification (voir 6.1.4). Tous les événements satisfaisant aux critères de la classification (voir 6.1.3) doivent être enregistrés.

Dans le cas où les niveaux de la majorité des événements sonores d'aéronefs émergent de moins de 10 dB(A) par rapport au bruit de fond, il est conseillé de recourir au mesurage avec la présence de l'opérateur.

## 6.1.2 **Détection automatique**

La détection consiste en la recherche des événements acoustiques à étudier.

La détection automatique est basée sur l'observation de la suite temporelle des  $L_{Aeq\ 1s}$ . Chaque fois que la valeur courante du niveau  $L_{Aeq\ 1s}$  dépasse un seuil, une détection est notifiée. Pour pallier les variations journalières des conditions acoustiques, le seuil est défini par rapport à un niveau statistique obtenu à partir des  $L_{Aeq\ 1s}$  calculé sur une durée  $dt$  précédant l'événement.

## 6.1.3 **Classification automatique**

La classification automatique est le processus d'identification des événements aéronautiques parmi tous les événements détectés.

Il est important d'adopter une démarche conservatoire lors de cette étape d'analyse (avant validation) : les événements aéronautiques doivent tous être codés. L'étape suivante qui consiste à valider les événements ainsi temporellement définis, doit permettre de rejeter les faux événements.

Pour chaque point de mesure, les périodes correspondantes aux survols présumés sont établies et reliées aux données acoustiques. Ce processus est appelé codage des événements.

Les mesures étant exprimées en termes de valeurs associées aux périodes élémentaires successives, le codage consiste en l'association d'un code à la source active. Par défaut, en l'absence des sources, les périodes élémentaires sont codées «résiduel».

Quand une source est responsable du niveau sonore à un moment donné, le code de cette source est associé à ce moment. Dans le cas général, plusieurs sources peuvent agir, et la période du mesurage est associée à une suite de codes correspondant soit aux différentes sources, soit au bruit résiduel.

Le codage associé aux données acoustiques permet, par le traitement des données pertinentes, un calcul des contributions des sources, le comptage et la description énergétique de leurs apparitions (survols), les statistiques, etc.

Pour le besoin du présent document, en général seuls les survols des aéronefs (événements aéronautiques) sont codés, le reste du mesurage étant considéré comme bruit résiduel.

Dans le cas d'événements perturbateurs, il est possible de procéder à un traitement préalable aux calculs permettant d'éliminer les séquences perturbées. Ces opérations et leurs effets doivent être précisément décrits dans le rapport de mesurage (identification et durée totale).

Le codage définitif de chaque événement a priori «aéronautique» détecté par le dépassement du seuil (voir paragraphe précédent) est réalisé en six étapes, de la manière suivante :

**Étape 1 — Rejet des événements trop courts** (par exemple des véhicules)

La durée du dépassement (le nombre des  $L_{Aeq, 1s}$ ) doit être supérieure à une durée minimale. Cette durée minimale est un paramètre qui dépend de la situation. Il est conseillé de faire une mesure «à blanc» de quelques événements (survol) pour établir cette durée. Si un événement détecté est trop court, il est rejeté et la procédure retourne au stade de la détection (observation des dépassements du seuil).

**Étape 2 — Recherche d'un maximum** du niveau qui suit la détection

La recherche commence au moment de la détection par l'établissement de la pente moyenne de la courbe du niveau (définie comme l'inclinaison de la droite de régression linéaire calculée sur  $2n + 1$  échantillons d'une seconde :  $n$  secondes avant,  $n$  secondes après plus l'échantillon courant). Il est considéré qu'un maximum est atteint quand la pente moyenne change de signe du positif au négatif (alors l'incréméntation se termine et la décroissance commence).

**Étape 3 — Établissement de l'instant du début et de l'instant de la fin de l'événement acoustique**

Pour trouver le début, la pente moyenne (définie comme l'inclinaison de la droite de régression linéaire calculée sur  $2n + 1$  échantillons d'une seconde :  $n$  secondes avant,  $n$  secondes après plus l'échantillon courant) est scrutée à partir du maximum en remontant le temps. L'instant du début d'événement correspond à l'instant où la pente change de signe (fin d'une décroissance précédente, début de la croissance sonore de l'événement considéré). De façon similaire, la fin de l'événement est établie par l'observation de la pente moyenne après le maximum : l'instant où cette pente change de signe (début de la remontée qui suit l'événement) est considéré comme la fin de l'événement.

**Étape 4 — Vérification du dépassement de la durée maximale**

Comme pour la durée minimale de la phase 1, il est conseillé de déterminer la durée maximale par une mesure préliminaire. L'événement acoustique dont la durée est trop longue (dépassant la durée maximale autorisée) doit être éliminé.

**Étape 5 — Vérification de la dynamique minimale**

Comme pour les durées minimale et maximale, il est conseillé de déterminer la dynamique minimale des événements acoustiques pertinents par une mesure préliminaire. L'événement dont la dynamique (la différence entre la valeur maximale et la valeur minimale) est trop faible doit être éliminé.

**Étape 6 — Codage** (dans les limites horaires établies en étape 3).

### 6.1.3.1 Classification automatique de référence

Les paramètres de la classification automatique de référence suivant le principe exposé précédemment sont :

**Tableau 3 — Paramètres de détection/classification automatique de référence**

Seuil de détection	LA90 calculé sur 300 s + 5 dB
Nombre d'échantillons d'auscultation ( $2n + 1$ )	17
Durée minimale	20 s
Durée maximale	180 s
Dynamique minimale	10 dB

### 6.1.3.2 Analyse avancée

La classification peut être améliorée par une analyse avancée des données. Par exemple, des algorithmes appropriés peuvent être appliqués pour éliminer les événements dont les variations de niveau sont trop brusques par rapport à la situation acoustique en question, ou qui ne satisfont pas d'autres critères jugés applicables (amplitude maximale de l'événement trop faible, ...).

Toute extension avancée doit être exhaustivement décrite dans le compte rendu.

## 6.1.4 Validation des événements aéronautiques

### 6.1.4.1 Nécessité de la validation

La méthode décrite en 6.1.2 et 6.1.3, avec des paramètres bien choisis (les durées minimale et maximale, la dynamique minimale, ...), permet de minimiser le risque d'omission d'un événement acoustique pertinent. Toutefois, tous les événements issus de la classification peuvent ne pas être des événements acoustiques aéronautiques, ne pas être exploitables (sources parasites) ou ne pas avoir été détectés. Par exemple, les événements acoustiques type «train», dont la durée, la dynamique et la fréquence d'apparition peuvent être similaires aux événements acoustiques aéronautiques recherchés, risquent d'être codés. Un risque semblable existe dans le cas d'une suite d'événements acoustiques courts rapprochés.

Il est donc a priori conseillé, dans une situation acoustique inconnue, de valider chaque événement classifié.

La prise en compte des données aéronautiques lors de l'analyse des enregistrements sonores est vivement recommandée. La qualité et la portée de l'analyse des enregistrements sonores en dépendent. Il est recommandé également de prendre en compte la disponibilité et la nature de ces informations avant d'arrêter une méthodologie de mesurage (avec ou sans présence d'opérateur).

### 6.1.4.2 Validation des événements détectés automatiquement

La procédure de validation dépend des conditions de mesurage (rapport signal sur bruit, bruits parasites, ...) et des moyens de validation à disposition. Dans certaines configurations de mesurage (cas favorables), le résultat de la classification automatique de référence telle que décrite précédemment peut être validé sans modification.

D'autres situations de mesurage (rapport signal à bruit faible, multi-exposition, ...) nécessitent des correctifs à apporter au résultat de la classification automatique de référence. Ces derniers doivent porter sur :

- le rejet des faux événements ;
- la modification du codage ;
- l'ajout d'événements non détectés (a priori seulement dans des cas exceptionnels).

Ils doivent être justifiés et mentionnés dans le rapport de mesurage.

L'utilisation de données supplémentaires pour valider les codages peut s'avérer nécessaire ; particulièrement dans le cas de situations de mesurage nécessitant de nombreux correctifs sur les résultats de la classification automatique de référence. Deux types de données complémentaires sont pris en compte prioritairement : les enregistrements audio (données minimales) et les données aéronautiques (radar, listing de mouvements d'appareils, ...).

#### 6.1.4.2.1 Validation sans données aéronautiques

Lorsque les données radar ne sont pas disponibles et que les mesurages sont effectués sans la présence d'opérateur, les enregistrements audio sont exigés.

Toutefois, il est recommandé même en présence d'un opérateur de procéder à des enregistrements audio.

En cas de doute, la réécoute permet l'identification sûre des survols par l'opérateur, la prise en compte d'événements non codés et l'annulation des codages des événements parasites.

Les enregistrements audio doivent au minimum couvrir la durée des événements détectés suivant la procédure décrite dans le présent document. Leurs durées doivent être suffisantes pour permettre l'identification. La bande passante doit être au minimum de [100 Hz – 5 kHz].

En complément de la réécoute, les critères utilisés pour expurger les bruits parasites des survols précédemment codés, doivent être également décrits dans le rapport.

#### 6.1.4.2.2 Validation avec des données aéronautiques

Il est distingué deux types de données aéronautiques complémentaires :

- les enregistrements radar décrivant la position spatiale de l'appareil (ou du trafic) au cours du temps projetée sur un fond de carte visualisant également la position du point de mesure. Ces données peuvent être demandées auprès des autorités aéronautiques compétentes dans le cas des principales plate-formes aéroportuaires équipées de système de monitoring bruit et trajectoire d'aéronefs ;
- les données d'identification du vol peuvent être demandées auprès du gestionnaire de l'aéroport.

NOTE Ces données sont plus facilement accessibles lorsque l'objet des mesurages porte sur une activité aéronautique commerciale d'un aéroport. L'accessibilité est plus délicate dans le cas d'une activité de type aviation générale. Par conséquent, il est recommandé dans ce cas de procéder à des mesurages en présence d'opérateur.

### 6.1.4.3 Synchronisation horaire des enregistrements acoustiques

Pour permettre la validation, la nécessaire corrélation des enregistrements acoustiques avec des données aéronautiques et/ou des enregistrements audio implique la synchronisation horaire de l'ensemble de ces données.

Une attention particulière doit être portée sur la synchronisation des enregistrements acoustiques en prenant comme référence le temps universel ou local fourni par des systèmes référencés (GPS, horloge parlante, ...). La synchronisation doit être réalisée à la seconde près (notamment entre les enregistrements acoustiques et audio).

## 6.2 Descripteurs de bruit aéronautique

Une approche événementielle est privilégiée et oriente le choix des descripteurs présentés dans cette partie. À noter qu'aucun d'entre eux n'est dit préférentiel (comme c'est le cas de l'indicateur d'émergence dans la norme NF S 31-010). C'est l'étude approfondie de chacun, ou de certains en particulier, selon le cas, qui particularise la caractérisation de l'impact sonore aéronautique observé.

### 6.2.1 Caractérisation acoustique d'un événement aéronautique

Pour caractériser l'impact d'un survol, les données suivantes sont calculées :

**Tableau 4 — Descripteurs acoustiques d'un événement aéronautique**

Descripteurs acoustiques
$L_{Aeq\ 1s}$ maximum
$L_{AE}$
Horaire d'apparition et durée
$E_{evt}$ (émergence événementielle)

NOTE Pour calculer  $E_{evt}$ , il faut calculer également le  $L_{Aeq\ 5s}$  maximum de l'événement et le  $L_{A50}$  calculé sur les 5 min précédant l'événement.

Une analyse spectrale peut être conduite en sus afin de mettre en évidence :

- des tonalités basses fréquences ;
- une audibilité tonale.

### 6.2.2 Caractérisation acoustique d'un trafic aéronautique

Pour caractériser le trafic observé, les quantités suivantes sont calculées en distinguant s'il y a lieu les périodes de jour, soirée et nuit :

**Tableau 5 — Descripteurs acoustiques d'un trafic aéronautique**

Descripteur acoustique
Durée globale d'exposition sonore (durée cumulée des événements aéronautiques) sur une durée de mesure T
Nombre d'événements aéronautiques pris en compte

### 6.2.3 Caractérisation statistique d'un trafic aéronautique

Les quantités suivantes sont calculées en distinguant s'il y a lieu les périodes de jour, soirée et nuit :

**Tableau 6 — Descripteurs statistiques d'un trafic aéronautique**

Descripteur statistique	Commentaire																								
Analyse distributive des $L_{Aeq}$ 1s maximum de tous les événements aéronautiques	Pour réaliser ces trois analyses distributives, on doit choisir : — en ordonnée, le pourcentage du nombre total d'événements (ce dernier doit être indiqué) ; — en abscisse, des classes de 2 dB dont les limites sont des nombres pairs.																								
Analyse distributive des $L_{AE}$ de tous les événements aéronautiques																									
Analyse distributive des $E_{evt}$ de tous les événements aéronautiques																									
Analyse distributive des intervalles événementiels	Pour réaliser cette analyse distributive, on doit choisir : — en ordonnée, le pourcentage du nombre total d'intervalles événementiels (ce dernier doit être indiqué) ; — en abscisse, les classes suivantes : <table border="1" data-bbox="711 929 1426 1335"> <thead> <tr> <th>Classe</th> <th>Borne inférieure</th> <th>Borne supérieure</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>00 :00 :00</td> <td>00 :01 :59</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>00 :02 :00</td> <td>00 :04 :59</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>00 :05 :00</td> <td>00 :09 :59</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>00 :10 :00</td> <td>00 :14 :59</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>00 :15 :00</td> <td>00 :29 :59</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>00 :30 :00</td> <td>00 :59 :59</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>01 :00 :00</td> <td>Au delà d'1 h</td> </tr> </tbody> </table>	Classe	Borne inférieure	Borne supérieure	1	00 :00 :00	00 :01 :59	2	00 :02 :00	00 :04 :59	3	00 :05 :00	00 :09 :59	4	00 :10 :00	00 :14 :59	5	00 :15 :00	00 :29 :59	6	00 :30 :00	00 :59 :59	7	01 :00 :00	Au delà d'1 h
Classe	Borne inférieure	Borne supérieure																							
1	00 :00 :00	00 :01 :59																							
2	00 :02 :00	00 :04 :59																							
3	00 :05 :00	00 :09 :59																							
4	00 :10 :00	00 :14 :59																							
5	00 :15 :00	00 :29 :59																							
6	00 :30 :00	00 :59 :59																							
7	01 :00 :00	Au delà d'1 h																							

## 7 Conditions de propagation

### 7.1 Météorologie

Les conditions météorologiques peuvent influencer sur le résultat de deux manières :

- par perturbation du mesurage en agissant, localement, sur le microphone ;
- par modification des conditions de propagation sonore entre la source et le récepteur pouvant conduire à une mauvaise interprétation des mesures en particulier lorsque les conditions de reproductibilité sont indispensables. On peut citer en exemple la comparaison des mesures par rapport à une valeur limite ou la comparaison de mesures successives entre elles (vérification de l'efficacité d'un moyen de protection ; mesures avant/après).

L'objectif de ce paragraphe est de définir une méthode de caractérisation des conditions météorologiques présidant à la propagation du bruit afin de permettre la comparaison entre plusieurs séquences de mesure. Toutefois, aucune correction sur les niveaux de bruit n'est définie dans le présent document.

Au minimum, on doit connaître la direction du vent et la vitesse de celui-ci et être capable d'apprécier le rayonnement. L'observation du vent s'effectue par relevés issus d'une station de mesure disposée à proximité du microphone. L'appréciation du rayonnement s'effectue conformément au Tableau 8 ci-après.

### 7.1.1 Conditions favorables, homogènes, défavorables

Les conditions météorologiques influent sur la propagation du bruit 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 la direction du vent et de l'effet de sol.

Cette influence est particulièrement sensible en condition de propagation proche du sol, lorsque l'angle d'élévation est faible (valeur inférieure à 30°, voir Figure 2). C'est le cas par exemple lors de l'observation d'une phase d'atterrissage depuis un site positionné en latéral par rapport à l'axe de vol.

Il doit être alors distingué des conditions défavorables, homogènes ou favorables à la propagation sonore. Cette qualification est déterminée à l'aide de paramètres et d'une méthode d'analyse présentés dans le paragraphe suivant.

Dans le cas où il n'est pas possible de déterminer un angle d'élévation (trajectoires dispersées), alors les conditions de propagation ne peuvent pas être qualifiées par les termes favorable, homogène et défavorable selon la méthode d'analyse en 7.1.2. Les conditions météorologiques (température, vent, rayonnement) sont toutefois relevées et portées dans le rapport de mesure.

Le schéma suivant présente la procédure de traitement des paramètres météorologiques.

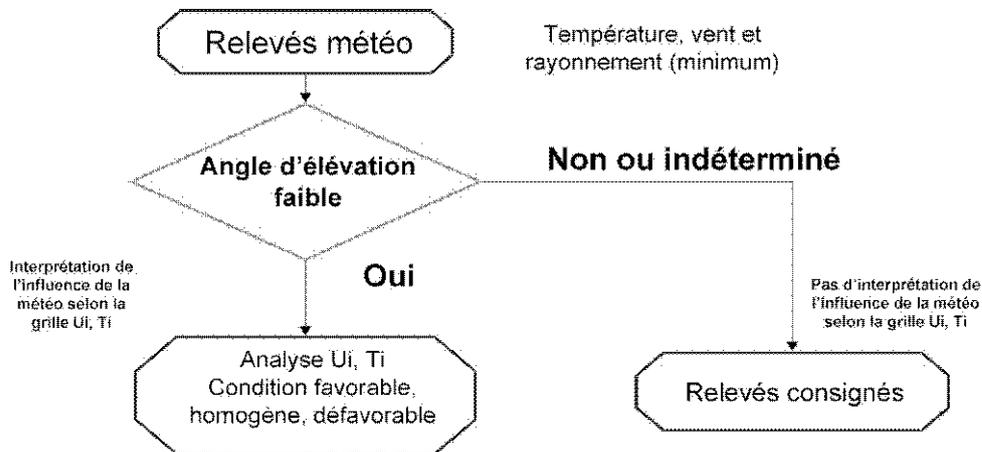


Figure 5 — Traitement des données météorologiques

### 7.1.2 Appréciation qualitative des conditions météorologiques

Il est proposé dans cette partie, une méthode simple d'appréciation des conditions de propagation sonore en fonction des conditions météorologiques interprétées à l'aide d'une grille d'analyse (Tableau 7).

Les données d'entrée de la grille d'analyse sont volontairement décrites de façon peu précise afin de rester en cohérence :

- avec l'aspect qualitatif des données de sortie ;
- avec le caractère statistique des résultats d'observation.

À partir des Tableaux 7 et 8 qui synthétisent les conditions aérodynamiques et thermiques observées sur le site, on détermine les coordonnées ( $U_i, T_i$ ) de la grille d'analyse (Tableau 9). On en déduit les conditions de propagation désignées par les sigles --, -, Z, + et ++.

Tableau 7 — Définitions des conditions aérodynamiques

	Contraire	Peu contraire	De travers	Peu portant	Portant
Vent fort (4 m/s à 6 m/s)	U1	U2	U3	U4	U5
Vent moyen (2 m/s à 4 m/s)	U2	U2	U3	U4	U4
Vent faible (inférieur à 2 m/s)	U3	U3	U3	U3	U3

À titre indicatif, l'Annexe A fournit des conseils pour l'appréciation qualitative des conditions météorologiques (définition des catégories de vent, de sol, de rayonnement, de couverture nuageuse, etc.)

**Tableau 8 — Définitions des conditions thermiques**

Période	Rayonnement/ couverture nuageuse	Humidité	Vent	Ti
Jour	Fort	Sol sec	Faible ou moyen	T1
			Fort	T2
		Sol humide	Faible ou moyen ou fort	T2
	Moyen à faible	Sol sec	Faible ou moyen ou fort	T2
			Sol humide	Faible ou moyen
		Fort	T3	
Période de lever ou de coucher du soleil				T3
Nuit	Ciel nuageux		Faible ou moyen ou fort	T4
	Ciel dégagé		Moyen ou fort	T4
			Faible	T5

Les indications «jour» et «nuit» ont ici le sens courant et ne renvoient pas à une période réglementaire.

**Tableau 9 — Grille (Ui,Ti)**

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

- Conditions défavorables pour la propagation sonore.
- Conditions plutôt défavorables pour la propagation sonore.
- Z Conditions homogènes pour la propagation sonore.
- + Conditions plutôt favorables pour la propagation sonore.
- ++ Conditions favorables pour la propagation sonore.

Les couples (T2, U5), (T3, U4 ou U5), (T4, U3 ou U4 ou U5), (T5, U2 ou U3 ou U4), sont ceux qui offrent la meilleure reproductibilité.

Les informations nécessaires à l'utilisation de la grille UiTi nécessitent un recueil de données sur le site. Cela implique en général la présence d'un observateur sur place et l'utilisation éventuelle d'appareils de mesure légers. Le cas échéant, l'observateur peut s'aider avec des données issues d'une station météorologique permanente proche du site de mesure. Lorsque c'est possible, l'observation locale des conditions météorologiques pour apprécier les conditions de propagation doit être privilégiée.

Il est ainsi possible d'estimer les paramètres suivants :

- la direction du vent ;
- la vitesse du vent ;
- l'humidité du sol (pluviométrie) ;
- les heures de lever et de coucher du soleil.

Les définitions et des conseils pour l'observation locale des conditions météorologiques sont donnés en Annexe A.

Pour permettre une analyse des conditions de propagation sonore sur un intervalle de référence, cette observation doit être réalisée pendant toute la durée de l'intervalle de référence considéré.

Lorsque la présence d'un observateur n'est pas possible sur place pendant toute la durée du mesurage, par exemple pour les périodes nocturnes, les observations locales peuvent alors être couplées avec les données fournies par une station météorologique fixe proche du site de mesure.

Ces données issues de la station météorologique la plus proche peuvent être transposées au point de mesure sous réserve des conditions suivantes qu'il convient d'apprécier :

- la station météorologique est voisine et représentative des conditions météorologiques du site de mesure ;
- le site de la station météorologique et celui de la zone à étudier sont comparables du point de vue topographique, de l'occupation et de la nature du sol ;
- le site est relativement plat et horizontal, dégagé avec peu d'obstacles hauts (excepté la façade objet de la mesure et les abords immédiats des sources) ;
- le site est dépourvu de grandes masses d'eau (lacs, rivières larges).

Sur l'ensemble du territoire français, les stations météorologiques de Météo France ainsi que d'autres réseaux permettent de recueillir des informations qui donnent une estimation des conditions météorologiques en un site donné. Les valeurs ainsi recueillies doivent être ensuite exprimées, lorsque c'est possible, en fonction des paramètres de la grille UiTi. Des éléments d'exploitation de ces informations sont fournis en Annexe A.

## 7.2 Description du sol

L'atténuation due aux propriétés acoustiques du sol (effet de sol) est, principalement, le résultat de l'interférence entre le son réfléchi par la surface du sol et le son qui se propage directement de la source vers le récepteur.

Cette atténuation est liée :

- d'une part à la nature plus ou moins absorbante des terrains au-dessus desquels le son se propage ;
- d'autre part à la hauteur de la source et du récepteur au-dessus du sol.

Elle est également très dépendante des conditions atmosphériques régnant lors de la propagation, dans le sens où la courbure des rayons modifie la hauteur du trajet au-dessus du sol et donne plus ou moins d'importance aux terrains situés près de la source (cas de l'aéronef proche du sol), près du récepteur ou entre les deux.

Le rapport de mesure doit contenir une description succincte de la nature des sols et de son état au moment de la mesure près du récepteur.

La nature des sols est décrite, par exemple, selon les termes choisis parmi les suivants :

- sol «réfléchissant» ;
- sol «absorbant».

Le Tableau 10 présente une classification des sols. Une correspondance avec les classes citées ci-dessus y est aussi associée.

**Tableau 10 — Classification acoustique des sols**

Type de sol	Caractéristique d'absorption
Neige fraîche, sous-bois fortement couvert de feuilles ou d'aiguilles, prairie naturelle, sol cultivé fraîchement labouré ou couvert d'une épaisse culture	Absorbant
Pelouse engazonnée et parc urbain, terrain de sport	
Terre compactée, terre roulée et déchaumée, ballast	
Revêtement de chaussée, terrain empierré ou compacté, surface bitumée ou bétonnée	Réfléchissant
Plan d'eau ou de glace, béton lisse et peint	

Les conditions de propagation sont influencées par l'état du sol dans la plupart de ces situations. C'est pourquoi, il est recommandé de caractériser cet état par référence au Tableau 10 pour faciliter l'interprétation des résultats de mesurage.

## 8 Incertitudes

### 8.1 Objet

Tout mesurage avec le résultat «y» comporte une incertitude «U», qui dépend de différents facteurs. Le mesurage n'est qu'une estimation de la valeur recherchée. Pour le présent document, l'incertitude recherchée est l'incertitude de mesure du niveau de pression acoustique, quel que soit le phénomène qui est à son origine.

Dans ce cadre, des applications particulières telle que la détection d'une émergence spectrale peuvent donner lieu à une méthodologie spécifique dans le cadre d'une norme particulière.

Cet article vise à donner les indications permettant de connaître l'incertitude de mesure attachée à la mise en œuvre du présent document. Il reprend les éléments méthodologiques exposés dans le projet de guide S 31-115 (en cours d'élaboration), ainsi que dans le GUM (NF ENV 13005).

Une évaluation de l'incertitude doit être fournie de façon détaillée et chiffrée selon les hypothèses suivantes :

- la grandeur mesurée est le niveau de bruit à l'emplacement de réception considéré. L'incertitude concernée est l'incertitude sur le niveau mesuré à cet emplacement ;
- les mécanismes de génération et de propagation du bruit, ainsi que leur variabilité, peuvent être l'objet de mesure. L'incertitude sur ces éléments peut faire l'objet d'une évaluation par d'autres méthodes. Dans ce cas, elle s'ajoute à l'incertitude de mesure ;
- la méthode choisie est une méthode analytique (voir GUM), avec une identification et une appréciation spécifique de chaque facteur d'influence ;
- les facteurs de sensibilité sont pris comme égaux à 1 : la composition se fait par addition des incertitudes types ;
- le facteur d'élargissement adopté est  $k = 2$  conformément aux recommandations de l'ISO ;
- cette méthode est cohérente avec la méthode développée par la commission S30J d'AFNOR. Les valeurs retenues pour chaque facteur d'influence peuvent être remplacées par les valeurs forfaitaires tirées du fascicule de documentation en cours d'élaboration (prS 31-115) ;
- les incertitudes types sont (sauf justification différente) issues d'un écart-type calculé à partir de :
  - a) l'étendue de mesure ;
  - b) une distribution uniforme.

### 8.2 Principes généraux

Les points suivants sont généralement pris en compte pour l'évaluation de l'incertitude :

- l'instrumentation ;
- le type de bruit et le choix de l'intervalle de mesurage ;
- l'hétérogénéité spatiale du champ sonore sur le site de mesure et la disposition du microphone ;
- l'influence des conditions météorologiques sur le dispositif de mesurage ;
- le niveau de bruit de fond ;
- les méthodes de post-traitement ;
- les opérateurs, facteur dont rendent compte les valeurs de reproductibilité (par des équipes différentes) et de répétitivité (par un même opérateur avec les mêmes instruments).

#### Exclusions liées aux précautions opératoires :

La valeur de U est obtenue en application des modes opératoires en vigueur, c'est-à-dire en opérant avec les moyens prescrits dans les conditions requises. Elle reste valide tant que les conditions opératoires définies à l'origine (durée de chauffage avant utilisation, tension d'alimentation minimale, etc.) sont satisfaites. L'utilisation hors norme du système ou les lacunes de détection consécutives à des pannes du système ne correspondent pas aux conditions d'usage de la chaîne de mesure.

Toute modification opératoire de ce type nécessite une nouvelle estimation de la valeur de U.

### 8.3 Principes opérationnels

Il est important de distinguer clairement ce sur quoi porte le calcul d'incertitude considéré dans le présent document. La Figure 6 illustre ce propos.

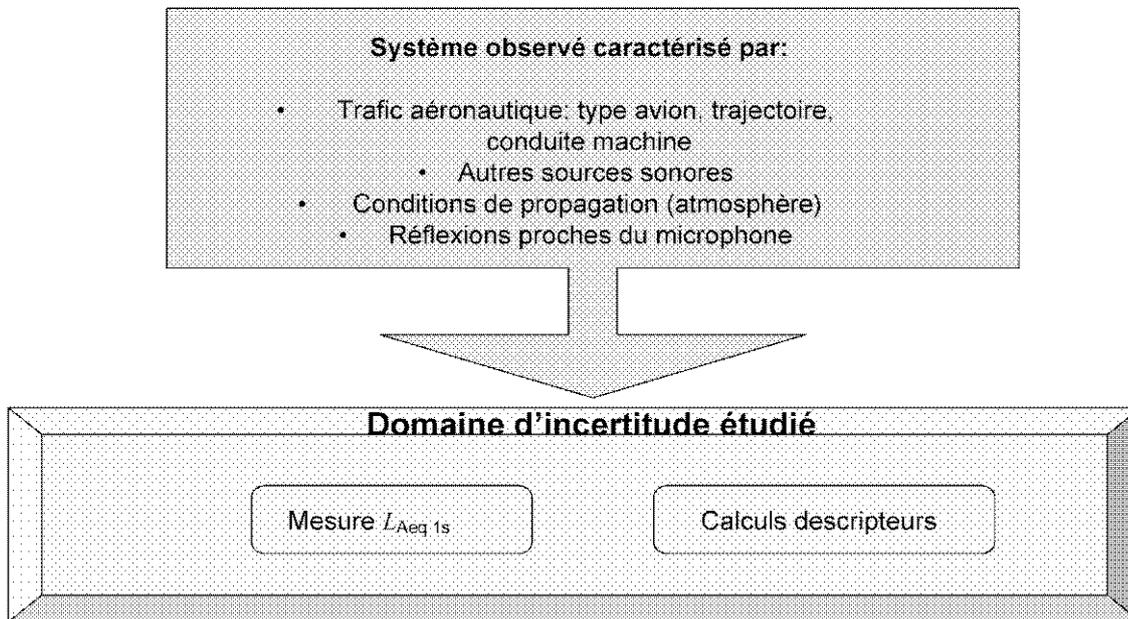


Figure 6 — Distinction entre le domaine d'incertitude étudié et le système observé

Tous les effets de génération, propagation et réflexion locale du bruit caractérisent l'ensemble appelé «système observé». Les variations du système observé peuvent avoir une influence sur le niveau mesuré mais n'interviennent pas dans la détermination de l'incertitude de mesure étudiée dans le présent document.

Comme illustré dans la Figure 6, on distingue deux étapes d'acquisition de données avec les incertitudes correspondantes :

- 1) la chaîne de mesure produit le niveau  $L_{Aeq}(t)$  court. Les incertitudes de mesurage classique des niveaux acoustiques doivent être abordées, comme la linéarité des niveaux, la directivité du microphone, la tolérance du filtre A, mais également le calibrage. Dans le cadre de la présente norme, l'estimation de ces effets s'appuie par défaut sur les exigences minimales de la norme NF EN 61672-1 ; elle peut être conduite selon les caractéristiques d'une chaîne spécifique (notamment à partir des valeurs justifiées par un rapport d'étalonnage) en vue d'aboutir à une valeur plus faible ;
- 2) les calculs des descripteurs ( $L_{Aeq}$  court maximums,  $L_{AE}$ , émergence événementielle).

La méthode d'identification développée dans le présent document (Article 6) ne conduit pas à la recherche d'une incertitude dans le résultat final. Elle repose en effet sur une validation individuelle de chaque événement aérien et l'élimination des faux événements.

La méthodologie et des exemples d'évaluation de l'incertitude sont décrits dans l'Annexe B.

NOTE L'utilisation hors norme du système ou les lacunes de détection consécutives à des pannes du système ne correspondent pas aux conditions d'usage de la chaîne de mesure prévue par le présent document. Ces conditions ne relèvent donc pas de l'incertitude de mesure. Leur influence dans la validité d'un rapport est à étudier à part.

## 9 Rapport de mesurage

Le rapport de mesurage doit faire référence au présent document et comporter au moins les points suivants :

- a) coordonnées de l'organisme ;
- b) nom du (ou des) opérateur(s), et du coordinateur des mesures en cas d'opérateurs multiples ;
- c) date d'établissement du document et nom du responsable des mesurages ;
- d) objet des mesurages ;

- e) liste des documents de référence (normes, réglementation, cahier des charges, etc.) ; en particulier, la référence des sources documentaires utilisées pour la détermination des incertitudes forfaitaires de mesurage, le cas échéant. On peut utiliser une méthode interne si elle est documentée et si les documents de validation sont accessibles ;
- f) plan de mesurage ;
- g) pour chaque emplacement de mesurage et pour chaque intervalle : date, horaires et durée des intervalles ;
- h) description du site, nature et état du sol, localisation précise des emplacements de mesurage et sources ;
- i) conditions météorologiques (température, vitesse et direction du vent moyennes calculées sur 10 min) ;
- j) conditions de trafic aéronautique observées : il doit être fourni selon la disponibilité de l'information, la nature du trafic (procédure de vol, nombre de mouvements) et la typologie de la flotte aéronautique observées pendant les mesurages et la description d'une situation moyenne (trafic et flotte) et pendant la même durée d'intervalle de référence. Le type ainsi que la provenance des informations aéronautiques (identification aéronautique, données radar, ...) utilisées lors de l'analyse des résultats acoustiques doivent être consignés ;
- k) chaîne(s) de mesurage et d'analyse utilisée(s) (nature, marque, type, n° de série) ;
- l) types d'analyses effectuées (analyse globale, analyse statistique, analyse spectrale, etc.) ;
- m) mesures acoustiques relevées ;
- n) tout procédé de post-traitement des mesurages et paramètres de calcul ;
- o) résultats accompagnés de l'incertitude et leur interprétation d'un point de vue acoustique ;
- p) circonstances particulières et incidents éventuels susceptibles d'avoir interféré avec les résultats ;
- q) toute autre information prescrite par les documents de référence ;
- r) ensemble des annexes.

## 10 Traçabilité

### 10.1 Disposition commune

La traçabilité est assurée pour une période d'au moins deux ans.

### 10.2 Techniques de mesurage

Le gestionnaire de la chaîne de mesure doit tenir une fiche de vie de chaque élément de cette chaîne; un exemple est donné dans le document relatif au contrôle périodique du matériel de mesure acoustique (prS 31-117)<sup>3)</sup>.

La dernière fiche de vérification ou de contrôle périodique doit pouvoir être produite.

Tous les éléments intervenants dans la chaîne de mesure (câbles, connexions, boules de protection, etc.) doivent être repérés de façon à pouvoir donner lieu à un suivi.

### 10.3 Résultats

Les données brutes (issues directement de la mesure, quel que soit le support d'enregistrement) doivent être conservées aussi longtemps que les autres éléments du dossier. Les dispositifs nécessaires à la lecture ou à l'interprétation de ces données primaires doivent être conservés en état de marche pendant la même durée, de façon à permettre la lecture des données.

Le rapport de mesurage doit être conservé au moins deux ans.

### 10.4 Incertitude

La documentation méthodologique et expérimentale utilisée pour l'évaluation de l'incertitude doit être conservée dans les mêmes conditions que le reste du dossier d'affaire.

---

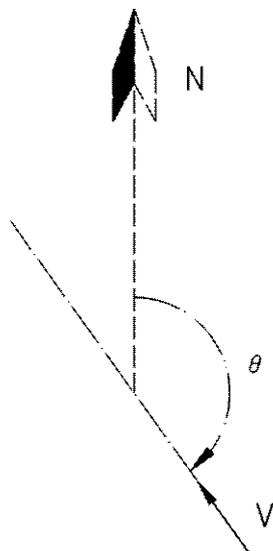
3) *En préparation.*

**Annexe A**  
(normative)  
**Recueil des données caractérisant  
les conditions météorologiques**

**A.1 Définitions**

**A.1.1 Direction du vent**

La direction du vent indique la provenance de ce dernier référencée par rapport au Nord géographique ; elle est caractérisée par un angle moyen noté  $\theta$ , exprimé en degrés comptés dans le sens horaire (voir Figure A.1).



**Légende**

N Nord

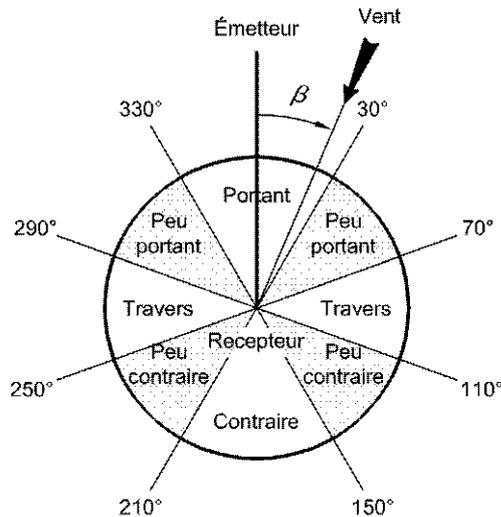
$\theta$  Direction du vent

V Vitesse du vent

**Figure A.1 — Direction du vent**

### A.1.2 Catégories de vent

Les différentes catégories de vent sont définies au point récepteur par référence au couple secteur d'où vient le vent/direction de propagation du bruit depuis l'émetteur.



**Figure A.2 — Caractérisation du vent par rapport à la direction source-récepteur**

Il est recommandé d'effectuer la répartition des secteurs de vent par 8 secteurs. Les différentes catégories de vent citées ci-dessous sont définies de façon descriptive afin de pouvoir être utilisées dans une approche qualitative. Une liste d'appellations préférentielles est citée ci-dessous :

#### A.1.2.1

##### **vent portant**

vent soufflant dans une direction moyenne de  $\pm 30^\circ$  de part et d'autre de la direction source-récepteur

#### A.1.2.2

##### **vent peu portant**

vent soufflant dans une direction moyenne par rapport à la direction de la source, comprise entre  $30^\circ$  et  $70^\circ$  ou entre  $290^\circ$  et  $330^\circ$

#### A.1.2.3

##### **vent de travers**

vent soufflant dans une direction moyenne de  $\pm 20^\circ$  de part et d'autre de la direction normale à la direction source-récepteur

#### A.1.2.4

##### **vent peu contraire**

vent soufflant dans une direction moyenne comprise entre  $110^\circ$  et  $150^\circ$  ou entre  $210^\circ$  et  $250^\circ$  par rapport à la direction de la source

#### A.1.2.5

##### **vent contraire**

vent soufflant dans une direction moyenne comprise entre  $150^\circ$  et  $210^\circ$  par rapport à la direction de la source

### A.1.3 Vitesse du vent

La vitesse du vent est caractérisée de façon conventionnelle à 2 m au-dessus du sol par les termes suivants :

- vent fort ;
- vent moyen ;
- vent faible.

## A.1.4 Catégories de sol

### A.1.4.1

#### sol sec

Il n'y a pas eu de pluies dans les 48 h précédant le mesurage et pas plus de 2 mm dans le courant de la semaine précédant le mesurage

### A.1.4.2

#### sol humide

il est tombé au moins 4 mm à 5 mm d'eau dans les dernières 24 h

Ces états correspondent à des états particuliers. En réalité, la surface du sol passe de façon continue d'un état à un autre. La description donnée consiste à préciser l'état dont elle est le plus proche.

## A.2 Conseils pour l'appréciation qualitative des conditions météorologiques

À titre indicatif, on donne ci-dessous des valeurs chiffrées de grandeurs d'entrée de la grille UiTi. Ces valeurs correspondent à des valeurs moyennes observées sur 10 min.

### A.2.1 Vitesse du vent

On peut admettre les valeurs conventionnelles suivantes, définies à une hauteur de 2 m au-dessus du sol :

- vent fort : vitesse du vent > 4 m/s ;
- vent moyen : 2 m/s < vitesse du vent < 4m/s ;
- vent faible : vitesse du vent < 2m/s.

### A.2.2 Direction du vent

Le Tableau A.1 présente les équivalences entre les données Météo-France et les mesures effectuées sur place avec un ensemble de capteur anémomètre et girouette.

**Tableau A.1 — Correspondance des secteurs angulaires entre les données Météo-France, relevées au moyen d'une station météorologique sur site**

Direction du vent Météo-France	Limites angulaires pour classification par anémomètre/girouette
340°, 0°, 20°	330° à 30°
40°, 60°	> 30° à 70°
80°, 100°	> 70° à 110°
120°, 140°	> 110° à 150°
160°, 180°, 200°	> 150° à 210°
220°, 240°	> 210° à 250°
260°, 280°	> 250° à 290°
300°, 320°	> 290° à 330°

### A.3 Précaution de mesurage et d'interprétation pour une topographie non plane

Dans le cas d'un site comportant une topographie non plane et des obstacles particuliers, idéalement, il est nécessaire d'effectuer pour chaque intervalle de base, une estimation tout au long du trajet acoustique pour caractériser un état spatial moyen des caractéristiques micro-météorologiques du site.

Pour cette estimation, on peut faire les remarques suivantes :

#### Direction et vitesse du vent :

Il faut veiller à ce que la direction estimée soit bien représentative de l'ensemble du chemin de propagation du son vis-à-vis de la totalité de la source de bruit objet du mesurage.

Près des zones présentant des obstacles en hauteur, on attire l'attention sur le fait que les directions locales et les vitesses horizontales de vent peuvent être très différentes de la direction générale.

Pour l'estimation de la vitesse et de la direction du vent, on peut s'aider d'un matériel simple, permettant de mesurer ces paramètres sur chaque intervalle de base.

### A.4 Vitesse du vent fournie par une station fixe

Sous réserve d'une situation topographique similaire, les données d'une station fixe peuvent être utilisées.

La vitesse du vent est donnée, en général, à une hauteur de 10 m, exprimée en mètres par seconde. Pour se ramener à une hauteur différente, on utilise la formule suivante :

$$V(z) = V(10m) \times \frac{L_n\left(\frac{z}{z_0}\right)}{L_n\left(\frac{10}{z_0}\right)}$$

où :

$$z_0 \approx \frac{h}{10}$$

$h$  est la hauteur moyenne des éléments présents à la surface du sol (végétation, obstacle, etc.) ;

$V(z)$  est la vitesse du vent à  $z$  mètres de hauteur ;

$V(10 m)$  est la vitesse du vent à 10 m de hauteur.

Le Tableau A.2 fournit à titre indicatif quelques valeurs de  $z_0$  en fonction de la végétation rencontrée sur le site.

**Tableau A.2**

Nature de la végétation	$z_0$ (m)
Sol nu et lisse, gazon ras	$10^{-3}$
Sol labouré, herbe	$10^{-2}$
Culture basse	$10^{-1}$

## Annexe B

### (normative)

## Incertitudes

### B.1 Généralités sur le calcul des incertitudes

L'incertitude des données communiquées est estimée chaque fois que possible selon le «Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM)».

Chaque valeur mesurée « $y$ » possède une incertitude « $U$ » qui dépend de différents facteurs. L'objectif consiste à indiquer la plage de valeurs allant de « $y - U$ » à « $y + U$ », à l'intérieur de laquelle la valeur est supposée se trouver avec une probabilité spécifiée.

#### Estimation de l'incertitude élargie $U$ :

On distingue deux types d'incertitude selon :

##### — les effets aléatoires :

Avec un nombre connu de mesures  $n$  ayant une déviation standard  $s$ , l'incertitude standard  $u_m$  de la valeur moyenne est donnée par :

$$u_m = s_m = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

##### — les effets systématiques :

Les effets systématiques ne sont pas réduits par un moyennage. L'incertitude doit être estimée par des connaissances supplémentaires.

En première approximation, chaque facteur peut être supposé indépendant des autres. L'incertitude type doit être estimée pour chaque facteur, en choisissant un modèle approprié pour la distribution statistique (par exemple : gaussienne, triangulaire, rectangulaire, ...).

Connaissant les incertitudes types individuelles  $u_i$ , l'incertitude standard composée  $u_c$  est exprimée par :

$$\text{Incertitude type composée : } u_c = \sqrt{\sum_i u_i^2}$$

L'incertitude devant être consignée dans un rapport est l'incertitude élargie  $U$ . Avec l'hypothèse d'une distribution gaussienne, l'incertitude élargie indique une probabilité de 95 % que la valeur vraie se trouve dans l'intervalle  $y - U$  à  $y + U$ . Le facteur d'élargissement  $k$  pour une probabilité d'élargissement 95 % est de 2.

$$\text{Incertitude élargie : } U = k \times u_c \quad \text{avec } k = 2$$

### B.2 Facteurs d'influence pertinents

Les facteurs d'incertitude recensés par le document d'application S 31-115 (en cours d'élaboration), et influents pour la présente méthode, sont :

#### B.2.1 L'instrumentation

Avec les composantes détaillées ci-dessous :

- la directivité du microphone ;
- la linéarité de niveau ;
- la pondération A ;
- la température et l'humidité ;
- la pression de l'air ambiant ;
- le niveau du calibre dans les conditions de référence ;
- le niveau du calibre dans les conditions de fonctionnement.

### B.2.2 La mise en œuvre

Selon la liste détaillée dans le guide prFD S 31-115<sup>4)</sup> :

- emplacement de la mesure, et orientation ;
- conditions météorologiques locales (au niveau du microphone).

Elle est évaluée de façon forfaitaire à partir des indications de ce guide.

### B.2.3 La «répétabilité»

Ce dernier poste doit faire l'objet d'une évaluation par l'opérateur (de préférence sur la présente méthode).

## B.3 Estimation des incertitudes standards

La présente méthode associe une distribution de probabilités rectangulaires à chacune des grandeurs d'entrée. Son espérance (valeur moyenne) est la meilleure estimation de la quantité d'entrée et son écart-type est une mesure de la variance, appelée incertitude standard. En général, les valeurs moyennes des fluctuations de ces facteurs d'influence sont estimées égales à zéro. Dans le cas contraire, la distribution doit être ajustée en conséquence.

### B.3.1 Valeurs d'incertitude liées à l'instrumentation

#### B.3.1.1 Principes généraux

On distingue les valeurs forfaitaires maximales issues de la normalisation, des valeurs ajustées à partir de données particulières à l'opérateur et à son instrument.

##### B.3.1.1.1 Valeurs forfaitaires (maximales)

L'influence maximale des facteurs liés aux sonomètres est estimée en utilisant les limites de tolérance indiquées dans la norme NF EN 61672-1. L'influence maximale des facteurs liés au calibrage peut être estimée en utilisant les limites de tolérance indiquées dans la norme NF EN 60942.

La distribution des valeurs rencontrées dans l'étendue de mesure n'est généralement pas connue : on suppose alors les valeurs équiprobables. La loi de répartition correspondante est rectangulaire. Elle est bornée pour correspondre aux exigences de la norme NF EN 61672-1. L'incertitude standard est calculée à partir de la bande de tolérances avec les limites  $a$  et  $b$  où  $a \leq b$  :

$$u = (b - a) / (2 \times \sqrt{3}) = (b - a) / 3,46$$

Cette valeur caractérise globalement l'incertitude liée à l'instrumentation pour un sonomètre de classe 1 (selon la norme NF EN 61672-1), et raccordé (à jour de ses raccordements). Cette valeur inclut l'influence de tous les paramètres dépendant du sonomètre et du calibre.

Les valeurs ainsi obtenues sont les valeurs maximales de l'incertitude. La valeur totale après recombinaison des contributions des divers facteurs d'influence doit être considérée comme un majorant de la valeur globale de l'incertitude. La valeur réelle, vraisemblablement réduite, peut être approchée par des méthodes de tests statistiques conduits selon les exigences des normes de la série NF ISO 5725. La comparaison avec ces dernières peut (éventuellement) permettre d'affiner les valeurs attachées à chaque facteur d'influence, issues du présent document (selon l'approche analytique conforme au GUM).

Le calcul utilisé est illustré au paragraphe suivant afin de permettre l'ajustement de ce calcul à partir de valeurs spécifiques, notamment les valeurs attachées à la chaîne utilisée, ou à l'entité pratiquant la mesure.

---

4) En préparation.

### B.3.1.1.2 Valeurs ajustées

Alternativement, si l'on dispose d'éléments justifiés (valeurs issues de certificats d'étalonnage émis par des professionnels compétents, étude menée au sein de l'entité, publication dans des revues à comité de lecture, etc.), il est possible d'utiliser d'autres formes de distribution (normale, t de Student, etc.). Dans ce cas, la conformité au présent document implique que le calcul fasse l'objet d'une note de calcul explicite, mentionnant l'origine des éléments utilisés (données chiffrées et éléments théoriques) et la possibilité de consultation de ces éléments. Cette application doit être effectuée en utilisant le processus décrit dans le guide prFD S 31-115 <sup>5)</sup>.

### B.3.1.2 Calcul avec les valeurs forfaitaires (maximales)

La liste de postes d'incertitude de mesurage doit être complétée des spécifications décrites dans le guide prFD S 31-115 <sup>5)</sup>.

#### B.3.1.2.1 Directivité du microphone

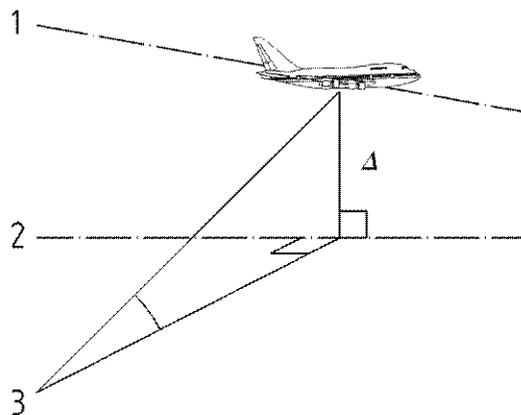
La prise en compte de la directivité du microphone est relative à la réponse de celui-ci en fonction de l'incidence des rayons sonores provenant de la trajectoire des aéronefs.

Entre différents passages d'aéronefs, on peut déterminer un écart angulaire maximal  $\theta$  entre les trajectoires et la normale au microphone.

Cette différence angulaire doit introduire un écart que l'on peut déterminer à partir de la courbe de directivité du microphone pour l'angle  $\theta$  et pour les fréquences caractéristiques des spectres d'aéronefs.

Dans le cas général d'un microphone placé sur un terrain plat et la direction de référence du microphone dans la direction verticale, l'angle  $\theta$  d'incidence du bruit reste en dessous de  $90^\circ$  (= horizontal). Les limites des réponses directionnelles varient avec la fréquence et sont spécifiées dans la norme NF EN 61672-1.

Pour le niveau maximal  $L_{Aeq, 1s}$  max, l'angle défini entre la direction de référence du microphone et la direction de la droite perpendiculaire à la trajectoire de vol (droite « $\Delta$ » dans la Figure B.1 ci-après) peut être utilisé comme estimation de  $\theta$ .



#### Légende

- 1 Trajectoire
- 2 Projection de la trajectoire au sol
- 3 Point d'observation

Figure B.1

5) En préparation.

L'influence de la directivité du microphone sur l'incertitude de mesure du bruit peut être maintenue faible si tous les angles  $\theta$  de tous les survols d'aéronef restent dans un petit domaine de variation de  $\theta$ . En outre, si la moyenne de la distribution des angles s'écarte considérablement de la direction de référence, la valeur d'espérance est susceptible d'être différente de zéro, c'est-à-dire qu'une correction systématique peut être appliquée.

Le niveau  $L_{Aeq, 1s}$  varie avec l'angle  $\theta$  sur un large domaine à l'intérieur de l'intervalle d'intégration du  $L_{AE}$ . Pour l'incertitude du  $L_{AE}$ , les incertitudes à des niveaux proches de  $L_{Aeq, 1s}$  max prédominent, de sorte que la même procédure utilisée pour  $L_{Aeq, 1s}$  max peut être appliquée pour estimer l'incertitude du  $L_{AE}$ .

La forme du spectre d'un tiers d'octave pondéré A mesuré au droit du microphone détermine quelle bande de fréquence contribue de manière prépondérante dans le niveau acoustique et, par conséquent, quelle bande de fréquence doit être considérée lors de l'estimation de l'incertitude. Les spectres types d'aéronef à turboréacteurs ont un maximum compris entre 250 Hz et 500 Hz. Selon la norme NF EN 61672-1, les limites de réponses directionnelles pour  $\theta \leq 30^\circ$  et  $\theta \leq 90^\circ$  sont respectivement 1,3 dB et 1,8 dB. Dans ce cas et dans l'hypothèse d'une distribution rectangulaire, l'incertitude standard est :

$$u_{mic} = 1,3/3,46 \text{ dB} = 0,376 \text{ dB} \quad \text{pour } \theta \leq 30^\circ$$

$$u_{mic} = 1,8/3,46 \text{ dB} = 0,520 \text{ dB} \quad \text{pour } \theta \leq 90^\circ$$

#### **B.3.1.2.2** *Linéarité de niveau*

L'erreur de linéarité de niveau ne doit pas dépasser  $\pm 1,1$  dB (NF EN 61672-1:2002, § 5.5.5, Classe 1).

$$u_{lin} = 2,2/3,46 \text{ dB} = 0,636 \text{ dB}$$

#### **B.3.1.2.3** *Pondération A*

La tolérance dans la plage de fréquences comprise entre 50 Hz et 4 kHz reste en dessous de  $\pm 1,6$  dB (NF EN 61672-1, Tableau 2, Classe 1).

$$u_A = 3,2/3,46 \text{ dB} = 0,925 \text{ dB}$$

#### **B.3.1.2.4** *Température et humidité*

L'écart du niveau affiché de pression acoustique ne doit pas dépasser  $\pm 0,8$  dB pour des variations de température comprises entre  $-10$  °C et  $+50$  °C et une humidité relative comprise entre 25 % et 90 % (NF EN 61672-1:2002, 6.3.3 et 6.4, Classe 1).

$$u_{env} = 1,6/3,46 \text{ dB} = 0,462 \text{ dB}$$

#### **B.3.1.2.5** *Pression d'air statique*

L'écart du niveau affiché de pression acoustique ne doit pas dépasser  $\pm 0,7$  dB pour des variations de pression comprises entre 850 hPa et 1 080 hPa (NF EN 61672-1, 6.2.1, Classe 1).

$$u_{press} = 1,4/3,46 \text{ dB} = 0,405 \text{ dB}$$

#### **B.3.1.2.6** *Calibreur — conditions de référence*

La tolérance est de 0,4 dB pour les conditions de référence (NF EN 60942, Classe 1).

$$u_{calref} = 0,8/3,46 \text{ dB} = 0,231 \text{ dB}$$

#### **B.3.1.2.7** *Calibreur — conditions de fonctionnement*

La tolérance est de 0,4 dB pour les conditions de fonctionnement (NF EN 60942, Classe 1).

$$u_{calop} = 0,8/3,46 \text{ dB} = 0,231 \text{ dB}$$

### B.3.1.2.8 *Mesure des $L_{eq}$*

Cette rubrique concerne l'instrumentation, en particulier la fidélité de la mesure du  $L_{eq}$  par rapport au signal  $L_{A,t}$  dit instantané (voir 5.7.3 de la norme NF EN 61672-1).

L'erreur de linéarité de niveau ne doit pas dépasser  $\pm 0,3$  dB (NF EN 61672-1:2002, 5.7.3, Classe 1). Avec une répartition uniforme (loi rectangulaire) on obtient :

$$u_Z = 0,6/3,46 \text{ dB} = 0,173 \text{ dB}$$

NOTE 1 L'indice Z fait référence au domaine de fréquence.

NOTE 2 Les aspects liés au calcul du  $L_{eq}$  lors du post-traitement (principalement le choix des bornes) interviennent également dans l'incertitude : ils font l'objet d'une rubrique spécifique ci-dessous (intitulée incertitudes des descripteurs).

### B.3.1.3 *Calcul avec des tolérances particulières*

La liste de postes d'incertitude de mesurage est à compléter des spécifications décrites dans le guide prFD S 31-115 <sup>6)</sup>.

Les conditions particulières de réalisation de la mesure permettent de réduire les postes d'incertitude ci-dessus lorsque les conditions sont vérifiées et lorsque les valeurs réelles de performance des instruments ont également fait l'objet de contrôles.

De la même façon, l'emploi des valeurs forfaitaires ci-dessus (avec les tolérances normatives) implique une vérification chiffrée des caractéristiques des instruments utilisés, permettant de situer ces performances par rapport aux exigences normatives, et de vérifier que les tolérances normatives soient bien respectées.

Les exemples cités ci-après proviennent de cas particuliers. Les conditions de leur prise en compte ne sont donc pas toujours réalisées simultanément et la valeur globale de l'incertitude qui peut en être déduite ne constitue également qu'un cas particulier.

#### B.3.1.3.1 *Directivité du microphone*

Ce poste d'incertitude dépend de la composition spectrale du bruit mesuré et des caractéristiques du microphone.

Les performances attachées à la chaîne de mesure utilisée sont à rechercher sur le diagramme de directivité. On procède ensuite de la même façon qu'au paragraphe B.3.1.2.1, en remplaçant les exigences normatives (respectivement 1,3 dB et 1,8 dB) par les valeurs tirées du diagramme de directivité spécifique au microphone utilisé.

#### B.3.1.3.2 *Linéarité de niveau*

Valeurs relevées sur un certificat d'étalonnage : étendue mesurée entre  $- 0,1$  dB et  $+ 0,4$  dB, soit 0,5 dB. L'incertitude est donc égale à :

$$u_{lin} = 0,5/\sqrt{4,5} = 0,236 \text{ dB}$$

#### B.3.1.3.3 *Pondération A*

L'exemple qui suit est également appuyé sur une réduction de la bande d'analyse à l'intervalle [250 Hz, 800 Hz]. Une réduction du poste d'incertitude peut provenir de deux origines différentes :

— la bande étudiée est caractérisée par des tolérances normatives réduites : c'est le cas ici, l'intervalle toléré par la norme NF EN 61672-1 étant caractérisé par le domaine  $\pm 1,4$  dB d'où un intervalle de 2,8 dB, et une incertitude arrondie :

$$u_A = 2,8/3,46 \text{ dB} = 0,809 \text{ dB}$$

— l'instrument utilisé <sup>7)</sup> bénéficie d'un étalonnage périodique. Les valeurs indiquées dans la bande 250 Hz à 800 Hz permettent d'indiquer une étendue de mesure de 0,0 à  $- 0,2$ , soit une étendue de 0,2 dB et une incertitude de  $0,2/3,46 = 0,058$ . Cette dernière valeur se substitue alors à celle du paragraphe précédent.

$$u_A = 0,2/3,46 \text{ dB} = 0,058 \text{ dB}$$

6) *En préparation.*

7) *Il s'agit d'un résultat de contrôle comportant les valeurs numériques.*

**B.3.1.3.4** *Température et humidité*

L'écart maximal tolérable (EMT) énoncé par la norme NF EN 61672-1 est égal à  $\pm 0,8$  dB, soit une étendue de 1,6 dB pour des variations de température de 60 °C comprises entre  $-10$  °C et  $+50$  °C. La variation en fonction de la température est généralement linéaire : il est possible de pratiquer une interpolation linéaire sur le domaine couvert lors de la réalisation d'une mesure spécifique.

Dans le cas d'une mesure ayant été réalisée alors que la température variait de 10 °C, l'étendue de mesure est égale à  $1,6 \text{ dB} \times (10/60) = 0,266$  dB, d'où l'incertitude arrondie :

$$u_{\text{env}} = 0,266/3,46 \text{ dB} = 0,077 \text{ dB}$$

**B.3.1.3.5** *Pression d'air statique*

L'écart du niveau affiché de pression acoustique ne doit pas dépasser  $\pm 0,7$  dB, soit une étendue de 1,4 dB, pour des variations de pression comprises entre 850 hPa et 1 080 hPa (NF EN 61672-1, 6.2.1, Classe 1) soit un intervalle de pression de 230 mB. La variation en fonction de la pression est généralement linéaire : il est possible de pratiquer une interpolation linéaire sur le domaine couvert lors de la réalisation d'une mesure spécifique.

Dans le cas d'une mesure ayant été réalisée alors que la pression variait de 20 mB (entre 1 010 mB et 1 030 mB), l'étendue de mesure est égale à  $1,4 \text{ dB} \times (20/230) = 0,128$  dB, d'où l'incertitude arrondie :

$$u_{\text{press}} = 0,128/3,46 = 0,035 \text{ dB}$$

**B.3.1.3.6** *Calibreur — conditions de référence*

La valeur d'incertitude dans les conditions de référence pour un calibreur donné est fournie par la valeur mentionnée par le certificat d'étalonnage, augmentée de la valeur d'incertitude de l'opération d'étalonnage.

Incertitude élargie figurant sur le certificat d'étalonnage :

$$u_{\text{calref}} = 0,070 \text{ dB}$$

**B.3.1.3.7** *Calibreur — Conditions de fonctionnement*

L'augmentation de l'incertitude attachée au calibreur dépend de la variation des conditions d'environnement. Elle s'ajoute au poste d'incertitude attaché à l'instrument de mesure lui-même.

Les spécifications d'un constructeur indiquent 0,0015 dB/°C et  $10^{-3}$  dB/% HR. L'incertitude ajoutée du fait de la variation de température de 10 °C est égale à 0,015 dB. L'incertitude ajoutée du fait d'une variation de 10 % du taux d'humidité relative est égale à 0,01 dB (Dans cet exemple, les spécifications relatives à la pression, soit une variation de  $10^{-5}$  dB/HPa, sont considérées comme négligeables).

L'incertitude résultante arrondie est égale à :

$$u_{\text{calop}} = \sqrt{(0,015^2 + 0,01^2)} = 0,018 \text{ dB}$$

**B.3.1.3.8** *Protection anti-vent (incertitude attachée au contenu spectral et à la directivité)*

Lorsque la protection anti-vent n'est pas déjà incluse dans la chaîne soumise à vérification, la courbe type attachée à un instrument peut manifester une variation allant jusqu'à 1,7 dB à 10 kHz. On adopte un modèle dissymétrique (division par  $\sqrt{18}$ ) à la place du modèle rectangulaire.

L'incertitude résultante est égale à :

$$u_{\text{vent}} = 1,7/\sqrt{18} = 0,401 \text{ dB}$$

**B.3.1.3.9** *Mesure des  $L_{\text{eq}}$* 

Cette rubrique concerne la fidélité de la mesure du  $L_{\text{eq}}$  par rapport au signal  $L_{\text{A,t}}$  dit instantané (voir 5.7.3 de la norme NF EN 61672-1). À titre d'exemple, si un certificat d'étalonnage indique que les mesures sont comprises entre 0 dB et + 0,2 dB, l'étendue de mesures vaut + 0,4 dB, ce qui, avec l'hypothèse d'une répartition uniforme (loi rectangulaire) conduit à :

$$u_{\text{z}} = 0,2/3,46 = 0,058 \text{ dB}$$

NOTE L'indice Z fait référence au domaine de fréquence.

### B.3.2 Incertitudes des descripteurs

L'incertitude liée au calcul de descripteur (post-traitement) est à effectuer suivant les prescriptions décrites dans le guide prFD S 31-115 <sup>8)</sup>.

### B.3.3 Composition des incertitudes

Le Tableau B.1 donne un exemple d'utilisation de la méthode permettant de calculer l'incertitude de mesure. Les valeurs montrées sont des hypothèses ou estimations et ne sont pas nécessairement valides pour n'importe quel cas réel particulier.

**Tableau B.1 — Exemple montrant la procédure permettant de calculer l'incertitude de mesure**

Source d'incertitude prise en compte	Incertitude type $u_i$ en dB	Facteur d'élargissement $k$	Incertitude élargie estimée en dB	Commentaires
Sonomètre : $L_p(t)$	1,5	2	3	Selon les valeurs de tolérances particulières retenues dans la norme ISO 20906 <sup>b)</sup>
$L_{AE}$ estimation de l'événement d'aéronef	0,5 <sup>a)</sup>	2	1,0	Si les valeurs $L_{pASmax}$ de tous les événements détectés sont à plus de 10 dB au-dessus du bruit résiduel.
Incertitude-type composée $u_c$ (racine carrée de la somme des carrés)			<b>3,2</b>	
<p>a) Valeur extraite de la norme ISO 20906 en cours d'élaboration.</p> <p>b) Norme en cours d'élaboration.</p>				

8) Document normatif en cours d'élaboration.

## Bibliographie

ISO 1996-1:2003, *Acoustique — Description, mesurage et évaluation du bruit de l'environnement — Partie 1 : Grandeurs fondamentales et méthodes d'évaluation.*

ISO 1996-2:2007, *Acoustique — Description, évaluation et mesurage du bruit de l'environnement — Partie 2 : Détermination des niveaux de bruit de l'environnement.*

ISO 9613-2:1996, *Acoustique — Atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre — Partie 2 : Méthode générale de calcul.*

NF S 31-010, *Acoustique — Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement — Méthodes particulières de mesurage.*

NF S 31-085, *Acoustique — Caractérisation et mesurage du bruit dû au trafic routier — Spécifications générales de mesurage.*

NF S 31-088, *Acoustique — Mesurage du bruit dû au trafic ferroviaire en vue de sa caractérisation.*

NF S 31-110, *Acoustique — Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement — Grandeurs fondamentales et méthodes générales d'évaluation.*

prNF ISO 20906, *Acoustique — Surveillance automatique du bruit des aéronefs au voisinage des aéroports (indice de classement : S 31-191).*