

S 31-088

# NORME FRANCAISE NF S 31-088

octobre 1996

## acoustique

### mesurage du bruit dû au trafic ferroviaire en vue de sa caractérisation

E : acoustics - measurement of railway traffic noise in view of its characterization

D : Akustik - Messung des vom Zugverkehr verursachten Außengeräusches im Hinblick auf seine Kennzeichnung

**Norme française homologuée** par décision du Directeur Général de l'AFNOR le 5 septembre 1996 pour prendre effet le 5 octobre 1996.

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

**Le présent document s'applique à la caractérisation et au mesurage du bruit de trafic ferroviaire et a pour but de préciser une méthode pour la détermination de la contribution sonore d'origine ferroviaire.**

**Les méthodes décrites contribuent :**

- **à la réalisation de dossier d'impact dans le cas de modification ou de création d'une infrastructure ferroviaire ;**
- **au contrôle d'objectif quantifié, notamment celui imposé par la réglementation.**

**descripteurs Thésaurus International Technique** : protection de l'environnement, protection de la personne, acoustique, bruit acoustique, bruit aérien, matériel de chemin de fer, véhicule de chemin de fer, mesurage acoustique, instrument de mesure acoustique, acoustique, pression acoustique, conditions d'essai, conditions climatiques, résultats d'essai, constitution de dossier.

© AFNOR 1996

Membres de la commission de normalisation

Président : M BAR

Secrétariat : MME POTTEVIN - AFNOR

M ABRAMOWITCH OPEN ROME

MME ANFOSSO LABORATOIRE CENTRAL DES PONTS ET CHAUSSEES

- M BAR MINISTERE DE L'EQUIPEMENT, DU LOGEMENT, DES TRANSPORTS ET DU TOURISME - DIRECTION DES ROUTES
- BEAUMONT ENTPE
- BENOIST EUROPE ETUDES GECTI SA
- BERENGIER LABORATOIRE CENTRAL DES PONTS ET CHAUSSEES
- BESNARD SETRA
- CAMPAGNA CAMPAGNA & IND
- COURBIN CETE DE L'EST
- DELANNE LABORATOIRE CENTRAL DES PONTS ET CHAUSSEES
- DESVIGNES SNCF
- DUFLOT SNCF
- DULAU CETE DE L'EST
- DURANG LABORATOIRE REGIONAL DE L'EST PARISIEN
- FODIMAN SNCF

- FRITSCH MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT - DPPR
- IRASTORZA USIRF
- JACQUES INRS
- LUCQUIAUD UTAC
- MERIEL LABORATOIRE CENTRAL DES PONTS ET CHAUSSEES
- PARODI 01DB SA
- RAPIN CSTB
- RUMEAU LABORATOIRE CENTRAL DE LA PREFECTURE DE POLICE
- SAUVAGE CEBTP
- SCHNEIDER MFP MICHELIN
- SOULAGE CERTU

MLLE SOULE MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT - DPPR

- M WILD BRUEL ET KJAER FRANCE
- ZULIANI BUREAU VERITAS

## Sommaire

- 0 introduction
- 1 domaine d'application
- 2 références normatives
- 3 définitions
  - 3.1 acoustique
    - 3.1.1 niveau de pression acoustique pondéré A, LpA
    - 3.1.2 niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A, LAeq, T
    - 3.1.3 niveau de la moyenne de long terme de la pression acoustique, LAeq, LT
    - 3.1.4 intervalle de référence
    - 3.1.5 intervalle de mesurage
    - 3.1.6 intervalle de base
    - 3.1.7 état standard
  - 3.2 catégories de bruit
    - 3.2.1 bruit ambiant
    - 3.2.2 bruit particulier
    - 3.2.3 bruit résiduel
  - 3.3 termes ferroviaires
    - 3.3.1 types de matériel
    - 3.3.2 circulation ferroviaire
    - 3.3.3 composition d'un train
  - 3.4 point de codage
- 4 principe du mesurage
- 5 mesurages acoustiques
  - 5.1 appareillage de mesurage
  - 5.2 étalonnage et calibrage
    - 5.2.1 étalonnage
    - 5.2.2 traçabilité
    - 5.2.3 calibrage
  - 5.3 précautions opératoires
  - 5.4 bruit résiduel
  - 5.5 emplacements de mesurage
    - 5.5.1 mesurages à proximité d'immeubles
    - 5.5.2 mesurages en champ libre
  - 5.6 intervalle de mesurage
- 6 détermination de la contribution sonore due au trafic ferroviaire
  - 6.1 identification des circulations ferroviaires sur site
    - 6.1.1 exposition monosource
    - 6.1.2 exposition multisource
  - 6.2 codage du signal de mesure
    - 6.2.1 appareillage de mesurage
    - 6.2.2 implantation du point de codage
    - 6.2.3 codage du signal de mesure
  - 6.3 calcul de la contribution sonore d'origine ferroviaire
- 7 conditions météorologiques
  - 7.1 classes météorologiques répertoriées
  - 7.2 données météorologiques
    - 7.2.1 valeurs d'entrée de la grille U<sub>i</sub> T<sub>i</sub>
    - 7.2.2 recueil des informations météorologiques

- 7.3 généralisation à des conditions météorologiques non stables
- 8 description du sol
- 9 caractéristiques du trafic ferroviaire
  - 9.1 composition du trafic ferroviaire
  - 9.2 données de long terme du trafic
- 10 ajustement en fonction de l'objectif visé
  - 10.1 mesurage de constat
    - 10.1.1 mesurage sur l'intervalle de référence
    - 10.1.2 mesurage sur l'intervalle de base
  - 10.2 mesurage pour estimation de la situation de long terme trafic
- 11 validation des résultats
  - 11.1 élimination et remplacement des valeurs aberrantes
  - 11.2 corrélation contribution d'origine ferroviaire et trafic
    - 11.2.1 mesurage de constat
    - 11.2.2 mesurage pour estimation de la situation de long terme trafic
    - 11.2.3 règle de décision
- 12 procès-verbal d'essai
- Annexe A (normative) identification des circulations ferroviaires
- Annexe B (informative) paramètres météorologiques
  - B.1 définitions
    - B.1.1 directions du vent
    - B.1.2 catégorie du vent
    - B.1.3 rayonnement
    - B.1.4 couverture nuageuse
  - B.2 recueil d'informations à la station météorologique la plus proche
    - B.2.1 vitesse du vent
    - B.2.2 direction du vent
    - B.2.3 rayonnement
    - B.2.4 couverture nuageuse
    - B.2.5 humidité du sol
    - B.2.6 heures de lever et de coucher du soleil
- Annexe C (informative) guide pour l'implantation d'un mât météorologique
  - C.1 avertissement
  - C.2 propositions de positionnement du mât météorologique
    - C.2.1 notations utilisées
    - C.2.2 différents cas considérés
- Annexe D (informative) bibliographie

## 0 introduction

Le présent document décrit les méthodes de mesurage in situ du bruit résultant d'un trafic ferroviaire à proximité d'une infrastructure existante en vue de l'évaluation de sa contribution sonore dans l'environnement, selon les principes décrits dans la norme NF S 31-110.

Par comparaison au trafic routier traité dans la norme NF S 31-085, le trafic ferroviaire et assimilé présente les spécificités suivantes dont il est tenu compte dans la présente norme :

- un guidage par contact dans une emprise restreinte en site propre ;
- des catégories peu nombreuses de matériels roulants ;
- une exploitation cadencée périodique avec un nombre d'événements déterminé ;
- une gamme de vitesses spécifiques à chaque matériel et à chaque point d'observation.

## 1 domaine d'application

Le présent document s'applique au mesurage du bruit de trafic ferroviaire. Il permet le constat d'une situation sonore existante dans des conditions de trafic, de météorologie et de site dont les caractéristiques sont relevées. Il contribue à caractériser le bruit de trafic ferroviaire existant dans un site en vue de :

- réaliser un dossier d'impact dans le cas de modification ou de création d'une infrastructure ferroviaire,
- contrôler l'objectif quantifié, notamment celui imposé par la réglementation.

Il permet également le mesurage du bruit dans une zone habitée ou occupée afin d'apprécier si le bruit, auquel est exposé une population ou un individu, est susceptible de causer une gêne pour ses activités, son repos ou sa tranquillité.

Le présent document ne permet pas à lui seul d'évaluer le niveau sonore correspondant à l'état standard, du fait qu'il ne prend pas en compte les variations des conditions météorologiques à long terme.

Les méthodes décrites précisent les principes de mesurage nécessaires à la séparation des sources de bruit pour la détermination de la contribution sonore d'une ou plusieurs voies de circulation ferroviaires, y compris dans le cas de multi-exposition de différentes sources ferroviaires ou autres.

Sont aussi concernés par le présent document, bien que s'en distinguant par des points de détail :

- les transports guidés à roulement sur pneumatiques ou mixte fer-pneumatique (métro pneu, systèmes VAL et SK, ...),
- les tramways, à roulement fer, qui n'évoluent pas constamment en site propre.

Le présent document ne s'applique pas :

- à la caractérisation et au mesurage des bruits résultant d'une activité ferroviaire indépendante du trafic, par exemple :
  - maintenance des matériels ferroviaires (ateliers, dépôts) ;
  - formation des trains (gares, triages) ;
- à la caractérisation et au mesurage du bruit émis par toute source fixe même liée au trafic, par exemple :
  - remisage des rames et des trains ;dont les principes de mesurage sont décrits dans la norme NF S 31-010 ;
- à la caractérisation de l'émission sonore des véhicules circulant sur rail, dont les principes de mesurage sont décrits dans la norme NF S 31-019.

Le présent document définit les conditions de mesurage des niveaux de pression acoustique, les éléments du site à décrire et les évaluations concomitantes indispensables (météorologie, caractéristiques du trafic). Les spécifications visent à déterminer le(s) niveau(x) de pression acoustique reçu(s) en un(des) point(s) récepteur(s) situé(s) à proximité d'une voie ferrée, résultant du trafic ferroviaire sur cette voie pendant l'(les) intervalle(s) de référence.

## 2 références normatives

Ce document comporte par référence datée ou non datée des dispositions d'autres publications. Ces références normatives sont citées aux endroits appropriés dans le texte et les publications sont énumérées ci-après. Pour les références datées, les amendements ou révisions ultérieurs de l'une quelconque de ces publications ne s'appliquent à ce document que s'ils y ont été incorporés par amendement ou révision. Pour les références non datées, la dernière édition de la publication à laquelle il est fait référence s'applique.

NF EN 60651	Sonomètres (indice de classement : S 31-009).
NF EN 60804	Sonomètres intégrateurs moyennés (indice de classement : S 31-109).
NF S 31-010	Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement - Instruction de plaintes contre le bruit dans une zone habitée.
NF S 31-019	Code d'essai pour la mesure du bruit émis par les véhicules circulant sur rails.
NF S 31-085	Acoustique - Caractérisation et mesurage du bruit dû au trafic routier.
NF S 31-110:1987	Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement - Grandeurs fondamentales et méthodes générales d'évaluation.

### 3 définitions

Les définitions données dans la norme NF S 31-110 sont applicables au présent document.

Pour les besoins du présent document, les définitions suivantes s'appliquent :

#### 3.1 acoustique

##### 3.1.1 niveau de pression acoustique pondéré A, $L_{pA}$

Niveau de pression acoustique déterminé en utilisant la pondération fréquentielle A et une des pondérations temporelles F (rapide), S (lent), I (impulsif) et crête :

$$L_{pA} = 10 \log \left[ \frac{p_A}{p_0} \right]^2 \text{ en dB(A)}$$

où :

$p_A$  est la pression acoustique pondérée A du signal acoustique ;

$p_0$  est la pression acoustique de référence (20  $\mu$ Pa).

La pondération temporelle F appelée « rapide » devra être utilisée dans le cadre de la mesure du bruit ferroviaire.

**NOTE** : : Le  $L_{Aeq}$  court mesuré sur une période comprise entre 1/8 et 1/12 de seconde peut être utilisé comme valeur du niveau de pression acoustique  $L_{pA}$  déterminé avec la pondération temporelle « rapide ».

##### 3.1.2 niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A, $L_{Aeq, T}$

Valeur du niveau de pression acoustique pondéré A 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 :

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

où :

$L_{Aeq, T}$  est le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A, en dB (A), 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  $\mu$ Pa) ;

$p_A(t)$  est la pression acoustique efficace pondérée A du signal acoustique.

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

##### 3.1.3 niveau de la moyenne de long terme de la pression acoustique, $L_{Aeq, LT}$

Niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A, en dB (A), considéré comme représentatif de la situation acoustique pour l'intervalle de référence considéré.

##### 3.1.4 intervalle de référence

Intervalle de temps 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 ou par les pouvoirs publics de façon à englober les activités humaines typiques et les variations de fonctionnement des sources de bruit dans une situation donnée<sup>(1)</sup>.

**NOTE** : : Les mesurages effectués sur l'intervalle de référence sont appelés en pratique « points de longue durée » ou « points fixes ».

#### NOTE

(1) L'intervalle de référence T peut être la valeur retenue par la réglementation pour caractériser une situation sonore. A titre d'exemple, pour le bruit routier et ferroviaire, T correspond à la période 6 h - 22 h ou à la période 22 h - 6 h.

### 3.1.5 intervalle de mesurage

Intervalle de temps au cours duquel la pression acoustique quadratique pondérée A est intégrée et moyennée.

### 3.1.6 intervalle de base

Intervalle de temps pour lequel les mesures acoustiques, de trafic et météorologiques sont jugées significatives.

**NOTE 1** : : L'intervalle de base, pour le bruit ferroviaire, est de l'ordre de 24 h et peut être ramené sous des conditions précisées à l'article 4 à des périodes plus courtes allant jusqu'à 2 heures.

**NOTE 2** : : Les mesurages effectués sur l'intervalle de base sont appelés en pratique « points de courte durée » ou « prélèvements ».

### 3.1.7 état standard

Reflète la situation moyenne représentative du site. Il correspond principalement à la prise en compte du trafic et des conditions météorologiques sur de longues périodes.

**NOTE** : : Dans l'état actuel des connaissances, la situation moyenne ne peut être caractérisée qu'en prenant en compte uniquement les variations de trafic. A cette situation de long terme noté « long terme trafic », dont les variations des conditions météorologiques sont exclues, est associé le niveau noté  $L_{Aeq, LT}$ .

## 3.2 catégories de bruit

### 3.2.1 bruit ambiant

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

**NOTE** : : Le bruit ambiant, mesuré pendant un intervalle 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.

### 3.2.2 bruit particulier

Composante du bruit ambiant qui peut être identifiée spécifiquement par des analyses acoustiques (spectrale, temporelle, études de corrélation, etc.) et qui peut être attribuée à une source particulière.

**NOTE** : : La composante de bruit relative au trafic ferroviaire est dénommée contribution sonore d'origine ferroviaire  $L_{Aeq, T} [FER]$ .

### 3.2.3 bruit résiduel

Composante résiduelle du bruit ambiant, dans une situation spatio-temporelle donnée, quand un ou plusieurs bruits particuliers sont supprimés.

## 3.3 termes ferroviaires

### 3.3.1 types de matériel

Catégorie de matériel ferroviaire composant le train, par exemple :

- train de fret ;
- train à grande vitesse (TGV) ;
- train de banlieue ;
- train de voyageurs ;
- tramways français standard ;
- métro, etc.

### 3.3.2 circulation ferroviaire

Convoi constitué d'un type de matériel déterminé se déplaçant à une vitesse donnée sur une infrastructure ferroviaire en un point d'observation donné.

**NOTE** : : Cette notion regroupe deux informations : le type de matériel et la vitesse de circulation. Par exemple :

- train CORAIL à 160 km/h ;
- TGV-Atlantique à 300 km/h ;
- train de fret à 100 km/h ;
- M 179 en unité multiple (2 éléments) à 100 km/h, etc.

### 3.3.3 composition d'un train

Nombre de véhicules (engins moteurs et un certain nombre de voitures à voyageurs ou de wagons, etc.) ou nombre de rames indéformables du même type composant le train, par exemple :

- train CORAIL : une locomotive électrique et huit voitures CORAIL ;
- TGV-SE en unité multiple : deux rames TGV-SE sont accouplées ;
- train de fret : une locomotive diesel et trente wagons, etc.

### 3.4 point de codage

Emplacement situé à proximité immédiate de l'infrastructure ferroviaire à caractériser permettant l'identification des circulations ferroviaires.

**NOTE** : : Dans le cas de multi-exposition, plusieurs points de codage peuvent être répartis sur le site de mesure.

## 4 principe du mesurage

Le présent document permet la détermination de la contribution sonore due à un trafic ferroviaire pour un site, à partir :

- d'un mesurage acoustique pendant l'intervalle de mesurage, aux emplacements de mesurage et au voisinage immédiat de l'infrastructure ferroviaire étudiée (si nécessaire) ;
- de l'identification des principaux facteurs d'influence pendant ce même intervalle de mesurage ;
- de l'estimation de l'état moyen représentatif de ces facteurs d'influence sur l'intervalle de référence.

Dans ce but, le présent document donne les spécifications pour les mesurages suivants :

- niveaux de pression acoustique ;
- conditions météorologiques ;
- caractéristiques du trafic ;
- tests de validation des résultats.

Pour le traitement ultérieur des données acoustiques concernant la détermination de la contribution sonore due au seul trafic ferroviaire, le signal acoustique doit être codé en synchronisation avec le passage des circulations, notamment à l'aide de la technique de  $L_{Aeq}$  court.

Dans le cas de multi-exposition sonore d'un emplacement de mesurage, un point de codage doit être installé à proximité de l'infrastructure étudiée et les deux mesurages doivent être réalisés en simultané. L'identification des circulations ferroviaires doit être réalisée sur le signal du point de codage et reportée sur le signal relevé à l'emplacement de mesurage.

Dans le cadre du présent document, l'intervalle de mesurage doit couvrir l'intervalle de référence. Dans le seul cas de la réalisation de dossier d'impact avec séparation de sources, l'intervalle de mesurage peut être échantillonné en intervalles de base, à condition que sur ce même site, soit

réalisé en simultané, un mesurage sur l'intervalle de référence.

La durée de l'intervalle de base doit permettre :

- de suivre correctement l'évolution temporelle du bruit émis par les circulations ferroviaires ;
- d'obtenir un comptage représentatif des circulations ferroviaires selon leur type.

## **5 mesurages acoustiques**

### **5.1 appareillage de mesurage**

L'appareillage de mesurage doit être d'un modèle approuvé, de type intégrateur et conforme à la classe 1 des normes NF EN 60651 et NF EN 60804, et permettre l'utilisation des techniques de  $L_{Aeq}$  courts.

### **5.2  talonnage et calibrage**

#### **5.2.1 étalonnage**

L'appareillage de mesurage doit être étalonné et le montage d'étalonnage doit être conforme aux instructions du constructeur.

L'étalonnage du sonomètre et du calibreur associé doit être revu périodiquement par des organismes qualifiés. A titre indicatif, la p riodicite recommandée pour cette opération ne peut excéder 2 ans.

#### **5.2.2 traçabilité**

Le gestionnaire de l'appareillage de mesurage doit tenir une fiche de vie pour chaque élément de cet appareillage sur laquelle sont reportées les indications relatives à son identification, aux opérations d'étalonnage et aux éventuelles réparations ou modifications.

#### **5.2.3 calibrage**

L'opérateur doit procéder au moins avant et après chaque mesurage, à un calibrage de l'appareillage incluant un contrôle acoustique ou électroacoustique du microphone. Ces deux calibrages doivent être enregistrés sur le même support que le signal de mesure.

### **5.3 précautions opératoires**

Avant tout mesurage, l'opérateur doit s'assurer que la dynamique et le bruit de fond de l'appareillage sont compatibles avec les signaux à mesurer.

Toutes les précautions nécessaires doivent être prises pour que l'appareillage de mesurage ne soit pas affecté par les conditions de mesurage.

Il convient de ne pas procéder à des mesurages de bruit dans les cas suivants :

- vitesse de vent supérieure à 5 m/s ou forte pluie qui peuvent entraîner une perturbation de la mesure ;
- enneigement du site de mesure qui modifie la propagation du son entre l'émetteur et le récepteur.

Par ailleurs, pour respecter les précautions d'usage de l'appareillage, il est nécessaire de vérifier que les contraintes liées au vent à proximité des microphones ne sont pas excessives.

### **5.4 bruit résiduel**

Il est souhaitable que le niveau de pression acoustique pondéré A du bruit résiduel, émis par les sources de bruit autres que l'infrastructure ferroviaire étudiée, soit inférieur d'au moins 10 dB(A) au niveau de pression acoustique pondéré A maximal, mesuré avec la pondération temporelle rapide (F), correspondant au passage d'un convoi ferroviaire sur l'infrastructure considérée.

**NOTE : : Ce contrôle peut être effectué lors d'une interruption de trafic.**

### **5.5 emplacements de mesurage**

#### **5.5.1 mesurages   proximité d'immeubles**

Conformément aux spécifications de la norme NF S 31-110, les emplacements de mesurage   proximité d'immeubles doivent être situés à 2 m en avant des parties les plus avancées des façades des immeubles et, si possible, au centre des façades. Si l'emplacement de mesurage se trouve en face d'une fenêtre, celle-ci doit être fermée pendant le mesurage.

Lorsque le mesurage a pour objet d'apprécier les conditions éventuelles d'apparition d'une gêne sonore, le mesurage doit être effectué au centre de la portion de façade de l'immeuble concerné.

#### **5.5.2 mesurages en champ libre**

En général, la hauteur de mesurage au-dessus du sol sera supérieure à 1,5 m. Les mesurages doivent être réalisés à au moins 3,5 m de tout obstacle ou surface réfléchissante susceptible de modifier le champ acoustique.

## 5.6 intervalle de mesurage

L'intervalle de mesurage doit couvrir la totalité de l'intervalle de référence, à l'exception du seul cas de réalisation d'un dossier d'impact (voir article 4).

La date de mesurage doit être choisie pour correspondre aux conditions usuelles d'exploitation de l'infrastructure ferroviaire. De façon générale, les meilleures conditions de représentativité du trafic sont obtenues dans la période comprise entre le lundi 12 h 00 et le vendredi 12 h 00.

Les mesurages sur l'intervalle de base (point de courte durée) doivent être réalisés en simultané avec un mesurage sur l'intervalle de référence (point de longue durée) ; l'intervalle de base devant être inclus dans l'intervalle de référence. L'intervalle de base pris en compte doit respecter les deux critères suivants, dépendant des différents types de matériel constituant le trafic ferroviaire :

- -durée de l'intervalle de base  $\geq M$ , en heures ;
- -nombre total de circulations ferroviaires  $\geq 10 M$  ;
- -où M correspond au nombre de types de matériel évoluant dans le site considéré.

Dans le cas où le trafic ferroviaire n'est constitué que d'un seul type de matériel, les valeurs suivantes sont retenues :

- durée de l'intervalle de base  $\geq 2$  h ;
- nombre de circulations  $\geq 20$ .

## 6 détermination de la contribution sonore due au trafic ferroviaire

### 6.1 identification des circulations ferroviaires sur site

Comme précisé dans le domaine d'application (voir article 1) de ce document, le trafic ferroviaire est caractérisé par une exploitation cadencée à caractère périodique avec un nombre d'événements déterminé.

Dans ces conditions, afin de déterminer la contribution sonore de ces seules circulations ferroviaires, il convient de procéder à l'identification de ces événements sur l'ensemble de l'intervalle de mesurage.

Cette identification nécessite une information relative au passage effectif de la circulation ferroviaire. L'annexe A indique la procédure à appliquer pour réaliser cette identification.

#### 6.1.1 exposition monosource

Le site dans lequel sont réalisés les mesurages est principalement exposé au bruit d'origine ferroviaire.

Dans ce cas, l'identification des circulations ferroviaires est effectuée sur le signal sonore enregistré à l'emplacement de mesurage.

Toutefois, si l'écart entre le niveau sonore au passage d'une circulation et le bruit résiduel est inférieur à 10 dB (A), il est alors nécessaire d'implanter un point de codage à proximité de l'infrastructure, les mesurages devant être réalisés simultanément.

#### 6.1.2 exposition multisource

Le site dans lequel sont réalisés les mesurages est exposé à plusieurs sources de bruit dont le bruit est dû au trafic ferroviaire. Dans ces conditions, l'identification précise des circulations ferroviaires nécessite la mise en place d'un point de codage à proximité de l'infrastructure étudiée. Les mesurages au point de codage et à(aux) emplacement(s) de mesurage doivent être réalisés simultanément.

**NOTE :** L'annexe A propose un schéma synoptique indiquant les situations sonores pour lesquelles il s'avère nécessaire d'installer un point de codage à proximité de l'infrastructure.

## 6.2 codage du signal de mesure

### 6.2.1 appareillage de mesurage

L'appareillage de mesurage doit permettre de déterminer les horaires de début et de fin de passage des circulations ferroviaires afin d'identifier ces événements avec précision, cette information étant nécessaire pour la détermination de la contribution sonore d'origine ferroviaire.

### 6.2.2 implantation du point de codage

Comme précisé en 3.4, le point de codage doit permettre l'identification des circulations ferroviaires.

Les principes à respecter pour son implantation sont les suivants :

- vue directe sur l'infrastructure étudiée ;
- peu d'influence des autres sources sonores existant sur le site de mesure ;
- simultanéité et synchronisation avec le point de mesure servant à caractériser le bruit du trafic ferroviaire en façade d'habitation.

### 6.2.3 codage du signal de mesure

Cette opération consiste à affecter à chaque valeur de  $L_{eq}$  élémentaire correspondant au passage d'une circulation ferroviaire, un code spécifique « ferroviaire ».

Ce codage est réalisé :

- en l'absence d'un point de codage : directement sur le signal de mesure enregistré à l'emplacement de mesure ;
- en présence d'un point de codage : d'abord sur le signal de mesure enregistré au point de codage, puis reporté sur le signal de mesure relevé à l'emplacement de mesure.

Dans le cas d'emplacement de mesure éloigné du point de codage, l'opérateur doit procéder, après report du codage, à un ajustement de ce codage afin de tenir compte de la durée de propagation entre le point de codage et ce récepteur.

**NOTE :** Traçabilité : il convient de conserver un enregistrement « brut » des mesures et de préciser les opérations qui ont permis l'identification de la(des) source(s).

Dans ces conditions, l'opérateur dispose des informations suivantes, au passage de la circulation ferroviaire numéro  $i$  :

- instant de début :  $t_i$  ;
- nombre de  $L_{eq}$  courts élémentaires :  $N_i$  ;
- instant de fin :  $t_i + N_i \tau$  où  $\tau$  est la durée du  $L_{eq}$  court ;
- durée du passage :  $N_i \tau$  ;
- évolution temporelle du bruit au passage de la circulation entre les instants  $t_i$  et  $t_i + N_i \tau$ .

Ces informations sont précisées dans la figure 1 .

$L_{Aeq,t}$  en dB(A)

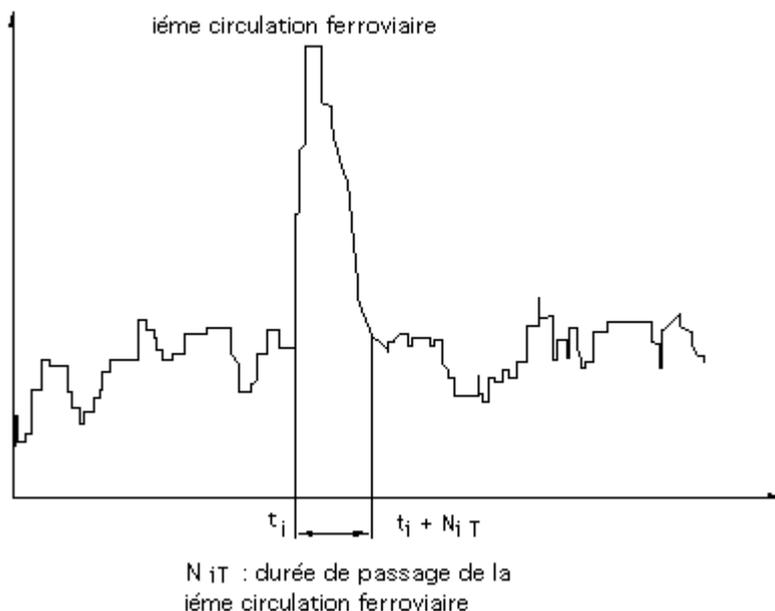


Figure 1 Codage du signal de mesure pour identification d'une circulation ferroviaire

**NOTE :** L'instant de début  $t_i$  et l'intervalle  $N_i \tau$  n'ont pas donné lieu à des définitions précises car une erreur sur leur apparition n'entraîne pas une incertitude élevée sur le résultat final, si l'on s'est assuré de prendre en compte la totalité de l'énergie sonore du passage.

### 6.3 calcul de la contribution sonore d'origine ferroviaire

Cette contribution doit être déterminée pour les intervalles de référence définis dans les textes réglementaires.

Pour la période de référence de durée  $T_{Réf}$ , la contribution sonore due à la  $i$ ème circulation a pour expression :

$$L_{Aeq,T_{Réf}}(\text{circulation } i) = 10 \log \left[ \frac{\tau}{t_{Réf}} \sum_{j=1}^{N_i} 10^{0,1(L_{Aeq,\tau})_{ij}} \right]$$

où :

$\tau$  est la durée du  $L_{Aeq}$  court élémentaire, en secondes ;

$N_i$  est le nombre de  $L_{Aeq}$  courts élémentaires correspondant au passage de la  $i$ ème circulation ;

$(L_{Aeq,\tau})_{ij}$  est le  $j$ ème  $L_{Aeq}$  court élémentaire de la circulation  $i$ .

Dans ces conditions, la contribution sonore due à un trafic de  $M$  circulations sur la période de référence de durée  $T_{Réf}$  a pour expression :

$$L_{Aeq,T_{Réf}}^{[FER]} = 10 \log \left[ \frac{\tau}{t_{Réf}} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{N_i} 10^{0,1(L_{Aeq,\tau})_{ij}} \right]$$

## 7 conditions météorologiques

L'influence des conditions météorologiques sur la mesure des niveaux sonores pendant l'intervalle de mesurage est particulièrement importante. En effet, elle se traduit par la modification de la forme des rayons sonores résultant de l'interaction du gradient de température, du gradient de vitesse du vent et de la direction du vent.

Détectable dès une cinquantaine de mètres, cet effet devient sensible au-delà de 100 m. Du fait de l'importance croissante de l'influence des conditions météorologiques avec la distance source-récepteur, leur mesure est impérative lorsque l'emplacement de mesurage des niveaux sonores est éloigné de plus de 250 m de la plate-forme ferroviaire et leur description doit être fournie dans le procès-verbal d'essai.

La prise en compte quantitative des effets météorologiques sur la propagation acoustique ne peut se faire de façon simple. Elle est donc réalisée de façon qualitative au travers de classes météorologiques, pour lesquelles la propagation du bruit est modifiée (courbure des rayons sonores).

C'est pourquoi la caractérisation des effets météorologiques déterminée dans les paragraphes qui suivent n'a pour but que de faciliter l'interprétation des résultats de mesurage.

### 7.1 classes météorologiques répertoriées

Le tableau 1 présente une grille à double entrée ( $T_i$  : conditions thermiques,  $U_i$  : conditions aérodynamiques) dont les conditions d'entrée  $U_i$  et  $T_i$  répondent aux critères suivants :

	$U_1$	$U_2$	$U_3$	$U_4$	$U_5$
$T_1$		.	.	.	
$T_2$	.	.	.	Z	+
$T_3$	.	.	Z	+	+
$T_4$	.	Z	+	+	++
$T_5$		+	+	++	

Tableau 1 Grille  $U_i T_i$

- conditions aérodynamiques :
  - $U_1$  : vent fort (> 3 m/s à 2 m de hauteur) contraire à la propagation ;
  - $U_2$  : vent moyen à faible (1 m/s à 3 m/s à 2 m de hauteur) contraire **OU** vent fort peu contraire ;
  - $U_3$  : vent nul **OU** vent quelconque de travers ;
  - $U_4$  : vent moyen à faible portant **OU** vent fort peu portant ;
  - $U_5$  : vent fort portant.
- conditions thermiques :
  - $T_1$  : jour **ET** fort rayonnement **ET** surface sèche **ET** (vent faible ou nul) ;
  - $T_2$  : jour **ET** (rayonnement moyen **OU** faible **OU** surface humide **OU** vent fort), (si toutes les conditions reliées par des **OU** sont remplies, on se trouve dans  $T_3$ ) ;

- $T_3$  : durée horaire contenant le lever du soleil **OU** coucher du soleil **OU** (rayonnement moyen ou faible **ET** vent fort **ET** surface humide) ;
- $T_4$  : nuit **ET** (nuageux **OU** vent fort) ;
- $T_5$  : nuit **ET** ciel dégagé **ET** (vent faible ou nul).

A chaque classe météorologique  $U_i T_i$  correspond un effet sur la propagation acoustique. On distingue cinq types d'effets :

- : état météorologique conduisant à une atténuation très forte du niveau sonore ;
- : état météorologique conduisant à une atténuation forte du niveau sonore ;
- Z : effets météorologiques nuls ou négligeables ;
- + : état météorologique conduisant à un renforcement faible du niveau sonore ;
- ++ : état météorologique conduisant à un renforcement moyen du niveau sonore.

**NOTE 1** : Les valeurs quantifiées d'atténuation ou de renforcement des niveaux sonores correspondant aux notions qualitatives données ci-dessus (atténuation forte, très forte, renforcement faible, moyen) dépendent étroitement des positions de la source et du récepteur, ainsi que du terrain constituant la zone de propagation. Il n'est donc pas possible de fournir des valeurs précises qui auraient une portée générale.

**NOTE 2** : Les conditions d'entrée  $U_i$  et  $T_i$  correspondent à des valeurs moyennes relevées sur une période comprise entre 10 min et 2 h.

**NOTE 3** : Les paramètres météorologiques sont définis en annexe B .

## 7.2 données météorologiques

### 7.2.1 valeurs d'entrée de la grille $U_i T_i$

Les paramètres à considérer comme valeurs d'entrée de la grille  $U_i T_i$  sont les suivants (voir annexe B) :

- vitesse du vent à 2 m de hauteur ;
- direction du vent ;
- rayonnement ;
- couverture nuageuse ;
- pluviométrie dans les dix jours précédant les mesures ;
- heures de lever et de coucher du soleil.

Les paramètres concernant le vent, le rayonnement et la couverture nuageuse correspondent à des valeurs moyennes déterminées sur une durée comprise entre 10 min et 2 h.

### 7.2.2 recueil des informations météorologiques

La caractérisation de la situation météorologique du site étudié n'est pas toujours possible à partir des seules informations recueillies à la station météorologique la plus proche. Ces données ne sont utilisables que dans les conditions suivantes :

- la station météorologique n'est pas éloignée de plus de 20 km du site de mesure ;
- le site de mesure répond aux critères suivants :
  - site relativement plat et horizontal, avec peu de végétation haute ;
  - zone de propagation dégagée : pas d'objet de dimensions importantes (surface et hauteur) en regard des dimensions de la zone de propagation, pas de nombreux petits objets (quelques objets clairsemés sont admis), à l'exception de la façade étudiée ;
  - absence de grande masse d'eau (lacs, rivières) ;
  - altitude du site inférieure à 500 m.

Dans le cas où le site de mesure ne remplit pas les conditions précédentes, il convient de procéder localement à l'estimation de la vitesse et de la direction du vent, de la couverture nuageuse et du rayonnement. L'une des méthodes suivantes peut être utilisée :

- observations visuelles du rayonnement et de la couverture nuageuse complétées par un mesurage de la vitesse et de la direction du vent effectué périodiquement sur une durée de 10 min à 2 h ;

- implantation sur site d'un mât météorologique équipé de capteurs permettant un mesurage de ces facteurs météorologiques, sur la totalité de l'intervalle de référence, par période élémentaire de 10 min à 2 h.

**NOTE 1 :** L'implantation du mât météorologique doit être telle que les mesures réalisées correspondent aux conditions les plus représentatives de la propagation du bruit entre l'émetteur et le récepteur. Un guide d'implantation de ce mât météorologique est présenté en annexe C .

**NOTE 2 :** Le choix de la méthode de mesurage des conditions météorologiques locales dépend de la caractérisation acoustique à réaliser.

Le tableau 2 indique les conditions d'utilisation des données recueillies à la station météorologique la plus proche et les mesurages ou observations complémentaires à effectuer, si nécessaire, pour permettre la caractérisation acoustique du site à l'aide de la grille  $U_i T_i$ .

Site de mesure	Distance à la station météo la plus proche	Données météorologiques utilisées	
		Vitesse et direction du vent	Couverture nuageuse et ra
Plan, horizontal et dégagé	< 20 km	Station météo la plus proche	Station météo la plus proche locales
	> 20 km	Station météo la plus proche Station météo la plus proche	Mesures sur site Observations visuelles locales
Non plat	< 20 km	Station météo la plus proche	Station météo la plus proche locales
		Mesures sur site	Station météo la plus proche locales
	> 20 km	Mesures sur site	Mesures sur site
		Mesures sur site Station météo la plus proche	Observations visuelles locales Station météo la plus proche locales

Tableau 2 Conditions d'utilisation de la grille  $U_i T_i$  pour la caractérisation acoustique du site de mesure

Le terme « oui (avec réserves) » utilisé dans la colonne « caractérisation acoustique du site à l'aide de la grille  $U_i T_i$  » signifie que cette opération n'est pas toujours possible, pour des raisons de représentativité spatiale des données mesurées ou observées dans le cas de sites de topographie complexe.

### 7.3 généralisation à des conditions météorologiques non stables

La caractérisation dans une classe  $U_i, T_i$  est valable pour des conditions météorologiques stables qui pourront être observées pendant des durées variant de 10 min à 2 h (la base de 1 h est à conseiller). Pour des observations sur la période de référence, procéder comme suit :

- détermination du pourcentage d'occurrence dans une classe  $U_i, T_i$  donnée ;
- sommation des pourcentages d'occurrence dans les classes  $U_i, T_i$  correspondant aux mêmes effets météorologiques.

On obtient ainsi un histogramme de répartition des occurrences des différents effets météorologiques comme précisé dans le tableau 3 .

Effet météorologique	Classes météorologiques $U_i T_i$	Pourcentage d'occurrence
-	$U_2 T_1$ et $U_1 T_2$	$t_1 / T_{Réf}$
-	$U_1 T_3, U_1 T_4, U_2 T_2, U_2 T_3, U_3 T_1, U_3 T_2, U_4 T_1$	$t_2 / T_{Réf}$
Z	$U_2 T_4, U_3 T_3, U_4 T_2$	$t_3 / T_{Réf}$
+	$U_2 T_5, U_3 T_4, U_3 T_5, U_4 T_3, U_4 T_4, U_5 T_2, U_5 T_3$	$t_4 / T_{Réf}$
++	$U_4 T_5$ et $U_5 T_4$	$t_5 / T_{Réf}$

$t_i$  = durée cumulée d'apparition d'un effet météorologique donné.  
 $t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 = T_{Réf}$

Tableau 3 Répartition des occurrences des effets météorologique

Les mesures réalisées pour les classes - et -- peuvent présenter une forte variabilité. Le résultat d'un mesurage sera d'autant plus pertinent que les classes + et ++ seront d'une occurrence plus élevée.

## 8 description du sol

En l'état actuel des connaissances, la classification des sols en fonction d'un coefficient d'absorption n'a pas été retenue étant donné la difficulté de traduire ce coefficient en termes de propagation.

**NOTE :** Cependant, les conditions de propagation sont influencées par l'état du sol dans la plupart des situations. C'est pourquoi, il est recommandé de caractériser cet état par référence au tableau 4 pour faciliter l'interprétation des résultats de mesurage.

Le tableau 4 présente une classification des sols en fonction de leur résistance spécifique à l'écoulement de l'air. Ce paramètre lié à la porosité dépend aussi de l'épaisseur de la couche poreuse.

Type de sol	Résistance spécifique à l'écoulement de l'air en Rayls C.G.S (1 Rayls C.G.S = 1 000 Pa.s/m <sup>2</sup> SI)	Caractéristiques
Neige fraîche	3 à 5	Très absorbant
Sous-bois sec (feuilles, épinettes)	20 à 80	
Prairies, terres fraîchement labourées	150 à 300	Absorbant
Gazon, terrain de stade	300 à 500	
Terre compactée, terre roulée et déchaumée	1 000 à 4 000	
Revêtements routiers fermés	50 000 à 100 000	Réfléchissant
Eau, glace compacte, bétons lisses et peints	> 100 000	

Tableau 4 Classification acoustique des sols

Une correspondance plus qualitative de l'état du sol y est associée.

**NOTE :** Plus la valeur de résistance spécifique à l'écoulement de l'air est faible, plus le matériau est susceptible d'être absorbant à condition que son épaisseur soit d'autant plus grande. La présence d'eau dans le sol peut modifier fortement ses caractéristiques en le rendant réfléchissant.

## 9 caractéristiques du trafic ferroviaire

### 9.1 composition du trafic ferroviaire

Toute évaluation globale de trafic ramène la mesure de bruit à un simple constat au jour et à l'heure donnés, ne permettant pas de se recaler sur l'état standard.

Suivant l'objectif visé par le demandeur, il conviendra de caractériser le trafic de façon plus ou moins complète. Dans ces conditions, on distingue les situations suivantes :

- mesurage de constat : il s'agit particulièrement de la caractérisation de l'état initial. Les caractéristiques de trafic à fournir ne concernent que le nombre total de circulations constaté au cours de la période de référence ainsi que les types de matériel composant le trafic ferroviaire. Cette situation n'est représentative que des conditions du jour de la mesure ;
- mesurage pour estimation de la situation de long terme trafic : il s'agit du contrôle de l'objectif quantifié par la réglementation ou du mesurage du bruit dans une zone habitée ou occupée afin d'apprécier une gêne éventuelle. Dans ce cas, il est indispensable de connaître la composition du trafic (nombre de circulations par type de train et vitesse de circulation pour chacun d'entre eux) afin de pouvoir se recaler sur la situation de long terme trafic.

### 9.2 données de long terme du trafic

Elles correspondent aux valeurs de long terme connues du site et représentatives de l'intervalle de référence.

Elles concernent les caractéristiques suivantes :

- nombre de circulations par sens ;
- types de matériel utilisés et composition ;
- vitesses de circulation.

## 10 ajustement en fonction de l'objectif visé

### 10.1 mesurage de constat

Ce type de mesurage est particulièrement effectué dans le cas de la réalisation d'un dossier d'impact pour lequel on distingue des mesurages sur l'intervalle de référence et des mesurages sur un intervalle de base (voir 5.6) .

### 10.1.1 mesurage sur l'intervalle de référence

Aucun ajustement n'est nécessaire. La valeur de la contribution sonore d'origine ferroviaire correspond à la valeur  $L_{Aeq, TRéf} [FER]$  résultant de l'utilisation de la méthode de codage.

### 10.1.2 mesurage sur l'intervalle de base

En un emplacement de mesurage donné, la relation suivante peut être appliquée :

$$L_{Aeq, T} [FER] = L_{Aeq, T_{FER}} [FER] + 10 \log \frac{T_{FER}}{T} \text{ avec } T_{FER} < T$$

où :

$L_{Aeq, T} [FER]$  est la contribution sonore d'origine ferroviaire, en dB (A), déterminée sur l'intervalle de mesurage T ;

$L_{Aeq, T_{FER}} [FER]$  est la contribution sonore d'origine ferroviaire, en dB (A), déterminée sur la durée cumulée  $T_{FER}$  des différentes circulations ferroviaires observées au cours de l'intervalle de mesurage T. Ce niveau sonore est appelé  $L_{Aeq}$  propre.

A l'emplacement du prélèvement, la relation ci-dessus donne :

- sur l'intervalle de base :

$$L_{Aeq, t_{base}} [FER] = L_{Aeq, t_{base FER}} [FER] + 10 \log \frac{t_{base FER}}{t_{base}} \text{ avec } t_{base FER} < t_{base}$$

- sur l'intervalle de référence :

$$L_{Aeq, T_{Réf}} [FER] = L_{Aeq, T_{Réf FER}} [FER] + 10 \log \frac{T_{Réf FER}}{T_{Réf}} \text{ avec } T_{Réf FER} < T_{Réf}$$

Le prélèvement est réalisé de façon à prendre en compte un trafic représentatif de la période de référence (voir 5.6). Dans ces conditions, la contribution sonore d'origine ferroviaire sur l'intervalle de référence, à l'emplacement du prélèvement, est estimée de la manière suivante :

$$L_{Aeq, T_{Réf}} [FER] = L_{Aeq, t_{base}} [FER] + 10 \log \frac{T_{Réf FER}}{T_{Réf}} - 10 \log \frac{t_{base FER}}{t_{base}}$$

où :

$L_{Aeq, TRéf} [FER]$  est la contribution sonore d'origine ferroviaire, en dB (A), estimée sur l'intervalle de référence, à l'emplacement du prélèvement ;

$L_{Aeq, t_{base}} [FER]$  est la contribution sonore d'origine ferroviaire, en dB (A), mesurée sur l'intervalle de base à l'emplacement du prélèvement ;

$T_{Réf FER}$  est la durée cumulée de passage des circulations ferroviaires sur l'intervalle de référence, au point longue durée ;

$t_{base FER}$  est la durée cumulée de passage des circulations ferroviaires sur l'intervalle de base, au point longue durée ;

$t_{base}$  est la durée du prélèvement.

### 10.2 mesurage pour estimation de la situation de long terme trafic

Ce type de mesurage est utilisé dans le cas du contrôle d'objectif quantifié par la réglementation et du mesurage du bruit dans une zone habitée ou occupée afin d'apprécier une gêne éventuelle. Dans ces conditions, la détermination du niveau de la moyenne de long terme trafic de la pression acoustique  $L_{Aeq, LT}$  est nécessaire.

L'ajustement en fonction des caractéristiques du trafic doit être effectué selon la formule suivante :

$$L_{Aeq,LT_t} [FER] = L_{Aeq, T_{Réf}} [FER] + 10 \log \frac{N_{LT}}{N_{T_{Réf}}} + 30 \log \frac{V_{LT}}{V_{T_{Réf}}}$$

où :

- $L_{Aeq, LT_t} [FER]$  est la contribution sonore d'origine ferroviaire, en dB (A), considérée comme représentative de la situation de long terme trafic ( $LT_t$ ) pour l'intervalle de référence  $T_{Réf}$  ;
- $L_{Aeq, T_{Réf}} [FER]$  est la contribution sonore d'origine ferroviaire, en dB (A), mesurée sur l'intervalle de référence  $T_{Réf}$  ;
- $N_{LT}$  est le nombre total de circulations ferroviaires considéré comme représentatif de la situation de long terme trafic pour l'intervalle de référence  $T_{Réf}$  ;
- $N_{T_{Réf}}$  est le nombre total de circulations ferroviaires mesuré sur l'intervalle de référence  $T_{Réf}$  ;
- $V_{LT}$  est la vitesse représentative de la situation de long terme trafic, fonction des caractéristiques de l'infrastructure ferroviaire et de la composition du trafic. Elle correspond à la « vitesse limite de la ligne » fixée par le gérant de l'infrastructure ;
- $V_{T_{Réf}}$  est la vitesse limite de la ligne sur l'intervalle de référence  $T_{Réf}$ .

## 11 validation des résultats

### 11.1 élimination et remplacement des valeurs aberrantes

Au cours d'un mesurage sur l'intervalle de référence, des valeurs de  $L_{Aeq}$  courts aberrantes (du fait de bruits parasites, par exemple : aboiement de chien ou de circonstances particulières) vis-à-vis du bruit des circulations ferroviaires peuvent exister. Elles sont éliminées par codage et peuvent être remplacées, quand cela est possible, par des valeurs estimées.

Au-delà de 10 % de valeurs aberrantes, le mesurage de la circulation est rejeté. Le mode de correction utilisé doit être précisé dans le procès-verbal d'essai.

Si le nombre de circulations rejetées est inférieur à 10 % de l'ensemble des circulations ferroviaires constaté lors du mesurage sur l'intervalle de référence, la mesure peut être considérée comme acceptable. Au-delà de 10 %, la mesure est rejetée.

Le mode de correction utilisé doit être précisé dans le procès-verbal d'essai.

### 11.2 corrélation contribution d'origine ferroviaire et trafic

#### 11.2.1 mesurage de constat

Le mesurage sur un intervalle de base (point de courte durée) permet une estimation de la valeur de la contribution sonore d'origine ferroviaire sur la période de référence à condition que ce mesurage soit réalisé simultanément à un mesurage sur l'intervalle de référence (point longue durée).

Une règle de décision permet de considérer que le prélèvement est recevable ou pas au regard des phénomènes à caractériser.

Le critère de décision repose sur l'écart  $\delta_1$ , calculé entre les contributions sonores d'origine ferroviaire déterminées d'une part, sur la période de référence et d'autre part, sur l'intervalle de base, à l'emplacement du prélèvement :

$$\delta_1 = \left| L_{Aeq, T_{Réf}} [FER] - L_{Aeq, t_{base}} [FER] \right|$$

Ce critère rend compte du fait que les caractéristiques de trafic n'ont pas été modifiées entre le prélèvement et le point fixe.

#### 11.2.2 mesurage pour estimation de la situation de long terme trafic

Le paragraphe 10.2 du présent document donne la loi de variation du niveau sonore  $L_{Aeq, T_{Réf}} [FER]$  par rapport aux caractéristiques de trafic (composition du trafic et vitesses de circulation) existant pendant cette même période  $T_{Réf}$ , la référence étant de long terme trafic ( $LT_t$ ).

Une règle de décision permet de considérer que la situation de long terme trafic est recevable ou non au regard des phénomènes à caractériser.

Le critère de décision repose sur l'écart  $\delta_2$ , calculé entre les contributions sonores d'origine ferroviaire déterminées d'une part, sur la durée de long terme et d'autre part sur l'intervalle de référence à l'emplacement du mesurage.

$$\delta_2 = \left| L_{Aeq, LT_t} [FER] - L_{Aeq, T_{Réf}} [FER] \right|$$

Ce critère caractérise l'écart entre le trafic existant le jour de la mesure et celui pris en compte dans la situation de long terme trafic.

### 11.2.3 règle de décision

Dans les deux cas précisés auparavant, la règle de décision est donnée dans le tableau 5 .

$\delta_1$ ou $\delta_2 \leq 3$ dB(A)	Valeur mesurée validée
$3 < (\delta_1$ ou $\delta_2) \leq 5$ dB(A)	Valeur mesurée validée avec commentaires
$\delta_1$ ou $\delta_2 > 5$ dB(A)	Valeur mesurée éliminée

Tableau 5

## 12 procès-verbal d'essai

Le procès-verbal d'essai doit faire référence au présent document et donner toutes indications utiles sur les points suivants :

- a) but des mesurages ;  
Préciser s'il s'agit d'un mesurage de constat ou permettant de déterminer une situation de long terme trafic.
- b) dates de mesurage ;
- c) description du site :
  - plan de situation avec indication d'orientation ;
  - plan de masse avec indication du bâti existant et des obstacles réfléchissants, de l'infrastructure considérée, de son profil en long et en travers, de la position des emplacements de mesurage et de leur distance horizontale au bord de l'infrastructure considérée ;

Préciser l'échelle qui devrait être de l'ordre de 1/250 à 1/5 000).

  - photographies sur lesquelles apparaissent l'infrastructure considérée et le(s) emplacement(s) de mesurage ;
  - zone de site considérée : urbanisme dense ou ouvert, zone non urbanisée ;
  - angle de vue de l'infrastructure à partir du microphone ;
  - caractéristiques dominantes du sol.
- d) conditions météorologiques au cours des mesurages :
  - mesurage de constat : conditions météorologiques globales :
    - couverture nuageuse ;
    - caractéristiques du vent (nul, avec ou sans rafales, etc.).
  - mesurage pour estimation de la situation de long terme trafic : répartition des niveaux sonores par catégorie d'effets météorologiques.
- e) caractéristiques de l'infrastructure ferroviaire considérée :
  - géométrie de l'infrastructure (en remblai, en déblai, etc.) ;
  - nombre de voies équipant l'infrastructure ;
  - protection phonique (écran, merlon, etc.), s'il y a lieu ;
  - profil en long (rampe en pourcentage).
- f) caractéristiques du trafic ferroviaire :
  - trafic réel ou trafic de long terme, suivant le cas ;
  - types de matériel ;
  - vitesses de circulation ;
  - nombre de circulations par type et par voie.
- g) appareillages de mesurages acoustiques utilisés : type, dénomination, numéro de série et nom du constructeur des appareillages utilisés pour les mesurages acoustiques et météorologiques ;
- h) système de codage utilisé pour l'identification des circulations ferroviaires ;
- i) résultats globaux de l'essai (suivant le type de mesurage effectué) :
  - niveau sonore continu équivalent déterminé sur la période de référence,  $L_{Aeq, TRéf}$  [FER], pour :

- l'ensemble des sources sonores : (bruit ambiant) ;
  - la contribution sonore des seules circulations ferroviaires : (bruit particulier d'origine ferroviaire) ;
  - la contribution sonore des autres sources sonores : (bruit résiduel).
  - niveau sonore continu équivalent de long terme  $L_{Aeq,LTt}$  [FER], correspondant à la seule contribution sonore d'origine ferroviaire.
- j) résultats partiels de l'essai dans le cas de mesurage sur un intervalle de base. Ils doivent être présentés dans le procès-verbal d'essai en s'inspirant des indications ci-dessus.
- k) coordonnées et identification du laboratoire qui effectue le mesurage ;
- l) dans le cas de sous-traitance de certaines prestations techniques, coordonnées et identification des sous-traitants éventuels en identifiant les parties sous-traitées.

### Annexe A (normative) identification des circulations ferroviaires

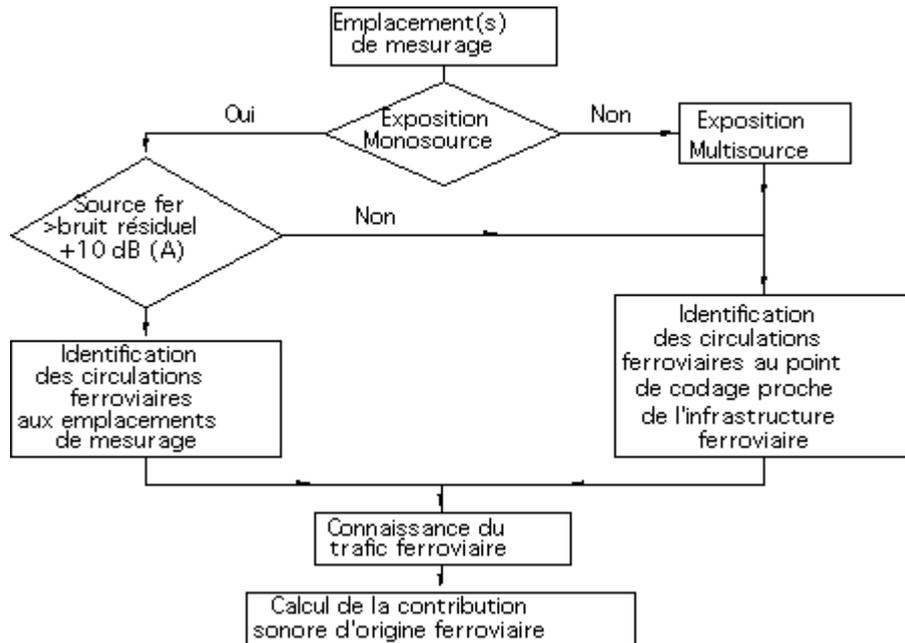


figure sans légende dans: Annexe A (normative) identification des circulations ferroviaires

### Annexe B (informative) paramètres météorologiques

#### B.1 définitions

##### B.1.1 directions du vent

En se plaçant au point récepteur, c'est l'angle formé, pendant un intervalle donné, par la direction moyenne d'où vient le vent et la direction de l'émetteur.

Dans le cas d'une source linéaire correspondant à une voie ferroviaire, la direction de l'émetteur est matérialisée, depuis le point récepteur, par la perpendiculaire à l'axe de la voie ferroviaire considérée.

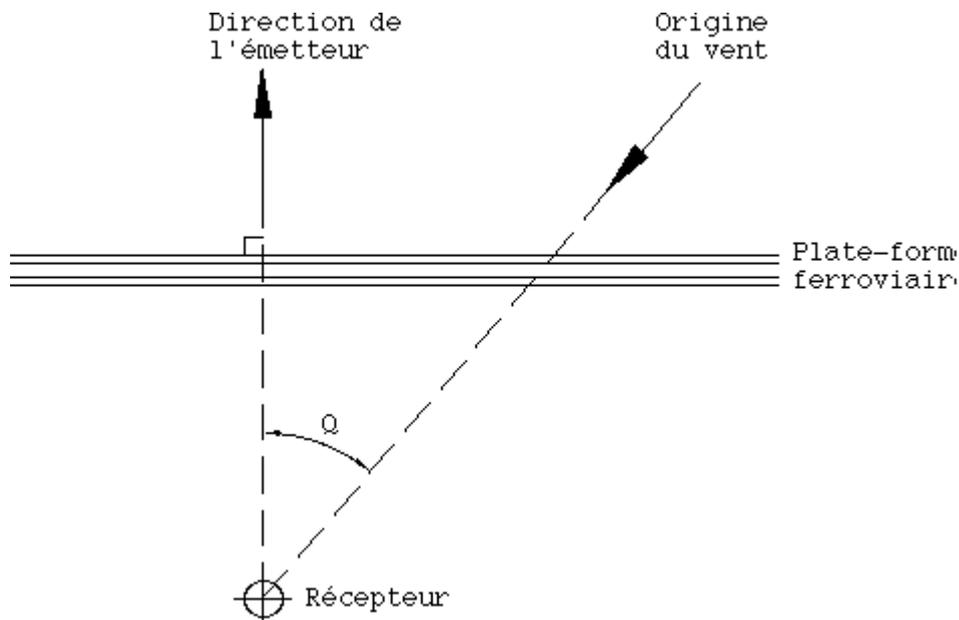


Figure B.1 Direction du vent

### B.1.2 catégorie du vent

Les différentes catégories de vent sont définies relativement au secteur d'où vient le vent, en se référant à un axe orienté depuis l'émetteur vers le récepteur.

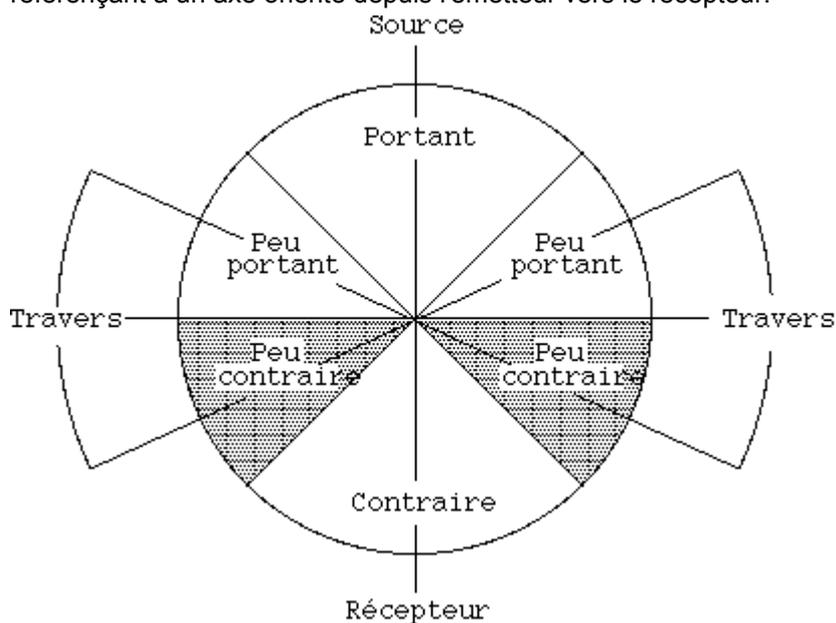


Figure B.2 Différentes catégories de vent

#### B.1.2.1 vent portant

Vent soufflant dans une direction moyenne de  $\pm 45^\circ$  de part et d'autre de la direction émetteur-récepteur.

#### B.1.2.2 vent peu portant

Vent soufflant dans une direction moyenne par rapport à la direction de l'émetteur, comprise entre  $45^\circ$  et  $90^\circ$  ou entre  $270^\circ$  et  $315^\circ$ .

#### B.1.2.3 vent de travers

Vent soufflant dans une direction moyenne de  $\pm 22,5^\circ$  de part et d'autre de la direction normale à la direction émetteur-récepteur.

#### B.1.2.4 vent peu contraire

Vent soufflant dans une direction moyenne comprise entre  $90^\circ$  et  $135^\circ$  ou entre  $225^\circ$  et  $270^\circ$  par

rapport à la direction de l'émetteur.

#### **B.1.2.5 vent contraire**

Vent soufflant dans une direction moyenne comprise entre 135° et 225° par rapport à la direction de l'émetteur.

#### **B.1.3 rayonnement**

Il quantifie l'énergie d'origine solaire arrivant sur le sol. Ce rayonnement dépend de la hauteur du soleil et de la couverture nuageuse. Il est donc variable suivant le lieu, la saison, l'heure de la journée et la couverture nuageuse.

#### **B.1.4 couverture nuageuse**

Elle représente le pourcentage de surface nuageuse par rapport à la totalité de ciel observable au-dessus de la zone à caractériser. Dans le cas présent, cette dernière correspond à la portion de ciel au-dessus de l'ensemble émetteur-récepteur. Elle s'exprime en octas :

- 0 octas : 0/8 de surface nuageuse correspondant à un ciel parfaitement dégagé ;
- 8 octas : 8/8 de surface nuageuse correspondant à un ciel totalement couvert.

### **B.2 recueil d'informations à la station météorologique la plus proche**

Les valeurs moyennes des paramètres suivants doivent être recueillies à la station météorologique la plus proche pour permettre l'accès dans la grille  $U_i T_i$ .

#### **B.2.1 vitesse du vent**

Ces informations sont fournies à 10 m de hauteur. Pour se ramener aux conditions d'entrée de la grille  $U_i T_i$  (valeurs de vitesse de vent données à 2 m de hauteur), on utilise la formulation suivante :

$$V(2m) = V(10m) \times \frac{\ln(2/Z_0)}{\ln(10/Z_0)}$$

où :

$$Z_0 = h/10 ;$$

h est la hauteur moyenne des éléments de surface ;

V(2 m) est la vitesse du vent à 2 m de hauteur ;

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

**NOTE 1 :** A titre d'exemple, dans le cas d'une herbe de 10 cm de hauteur :

$$V(2 m) = 0,77 V(10 m)$$

**NOTE 2 :** On donne ci-après quelques valeurs de  $Z_0$  :

- sol nu et lisse, gazon ras :  $Z_0 = 10^{-3}$  m ;
- sol labouré, herbe :  $Z_0 = 10^{-2}$  m ;
- culture basse :  $Z_0 = 10^{-1}$  m.

#### **B.2.2 direction du vent**

Il s'agit de la valeur à 10 m de hauteur.

#### **B.2.3 rayonnement**

En plus des valeurs moyennes, il est nécessaire de demander la valeur maximale  $E_{max}$  du rayonnement observé au cours d'une année dans cette zone. L'entrée dans la grille  $U_i T_i$  est effectuée en considérant les descriptions suivantes :

- $T_1$  : rayonnement compris entre  $E_{max}$  et  $0,5 E_{max}$  ;
- $T_2$  : rayonnement compris entre  $0,5 E_{max}$  et  $0,05 E_{max}$ .

#### **B.2.4 couverture nuageuse**

Les conditions d'entrée de la grille  $U_i T_i$  sont définies comme suit :

- « temps couvert » pour une valeur de 8 octas ;
- « temps nuageux » pour une valeur comprise entre 4 et 7 octas ;
- « ciel dégagé » pour une valeur inférieure à 4 octas.

#### **B.2.5 humidité du sol**

Cette information dépend de « l'histoire météorologique » du site au cours de la dizaine de jours précédant les mesurages de bruit.

Toutefois, on définit les valeurs suivantes :

- « sol sec » : il n'y a pas eu de pluies dans les dix derniers jours précédant la mesure ;
- « sol humide » : il est tombé au moins 4 mm à 5 mm d'eau dans les dernières 24 h.

### B.2.6 heures de lever et de coucher du soleil

Il s'agit d'heures légales.

## Annexe C (informative) guide pour l'implantation d'un mât météorologique

### C.1 avertissement

La position du mât météorologique est choisie pour que les informations recueillies soient représentatives de l'état moyen de l'atmosphère entre la source sonore et le récepteur. Il s'ensuit, sauf indication contraire, que le mât est en général placé à mi-distance entre la source et le récepteur. En particulier, dans les zones pouvant présenter des turbulences en raison de la présence d'obstacles, les caractéristiques aérodynamiques peuvent être totalement erronées et ne pas être du tout représentatives.

Il ne faut donc pas prendre ces positions du mât météorologique comme de « bons emplacements » mais plutôt les considérer comme les « moins mauvais ».

### C.2 propositions de positionnement du mât météorologique

#### C.2.1 notations utilisées

S : source sonore matérialisée par la voie ferrée la plus proche du récepteur ;

R : récepteur ;

D : distance horizontale entre la source et le récepteur ;

M : mât météorologique équipé au minimum pour la mesure de l'ensoleillement, de la vitesse et de la direction du vent.

**NOTE 1 :** La mesure des caractéristiques du vent sera, si possible, réalisée à mi-hauteur de la source et du récepteur.

**NOTE 2 :** Dans les graphiques présentés par la suite, les positions de la source S et du récepteur R peuvent être inversées.

#### C.2.2 différents cas considérés

Les paramètres météorologiques sont mesurés pour  $D > 50$  m.

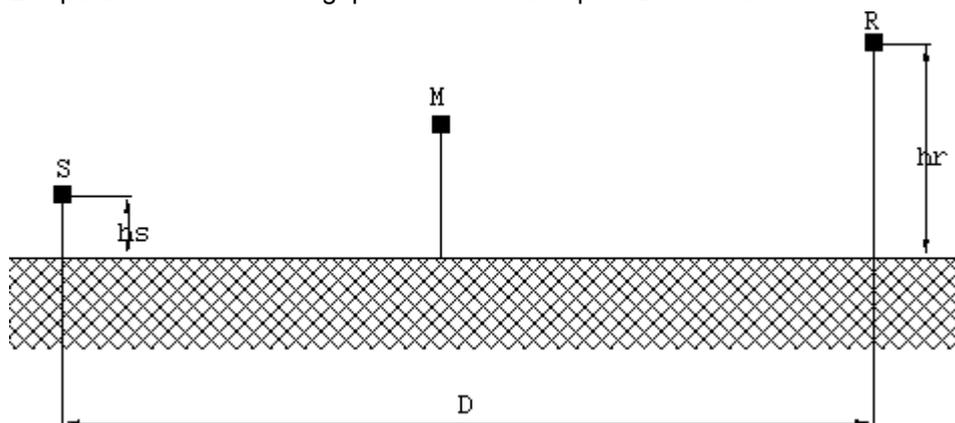
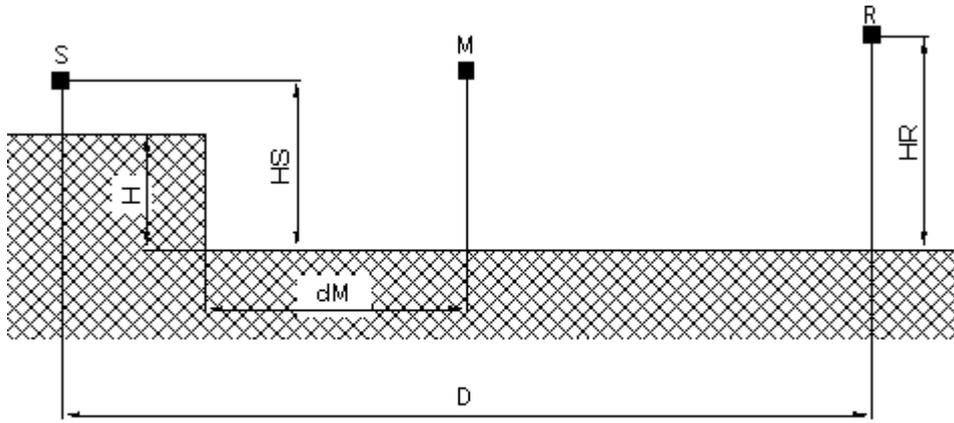
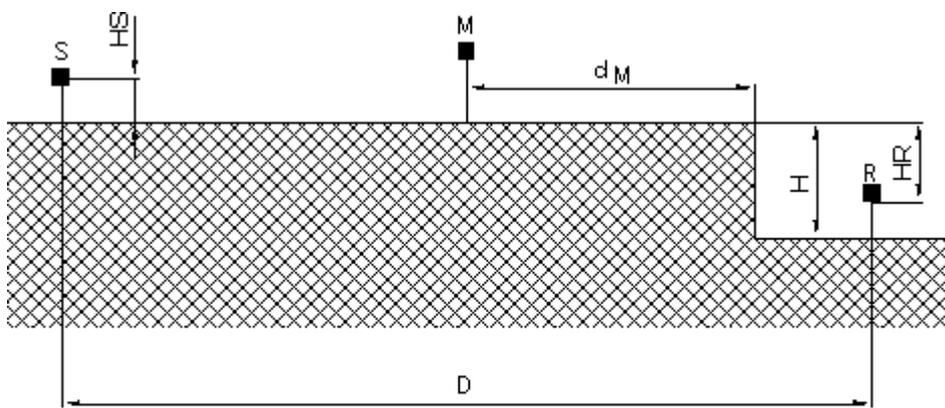


Figure C.1 Cas 1 - Sol plan



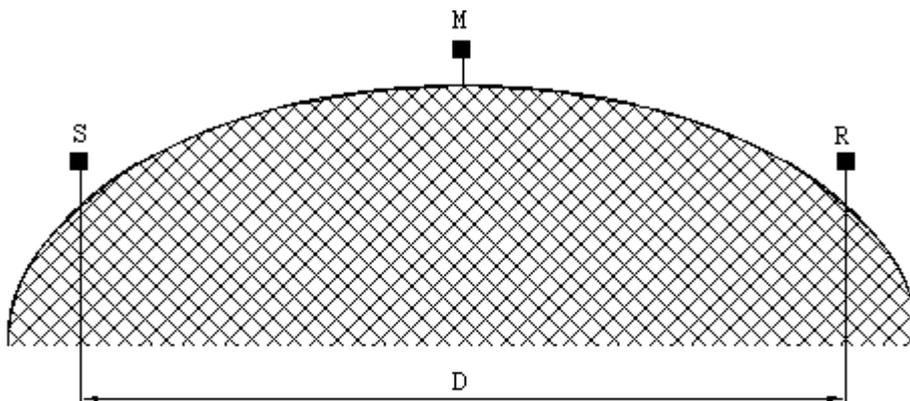
Mât météorologique implanté à  $D/2$  en respectant :  $d_M > 10H$ .

Figure C.2 Cas 2



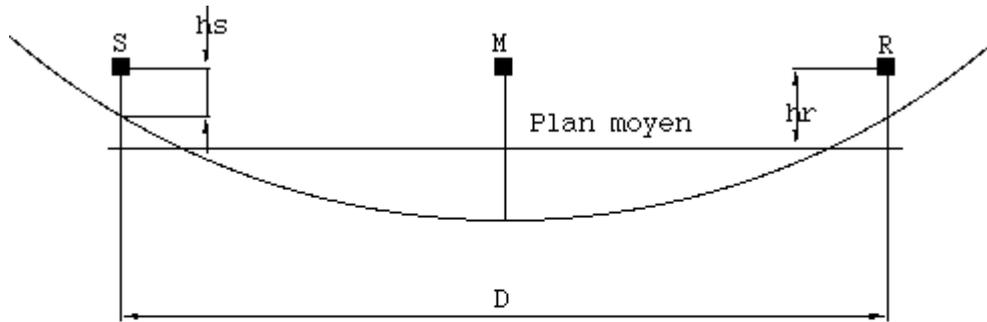
Mât météorologique implanté à  $D/2$  en respectant :  $d_M > 10H$ .

Figure C.3 Cas 3



Mât météorologique implanté à  $D/2$   
Situation valable pour un sol peu convexe

Figure C.4 Cas 4 - Sol convexe



Mât météorologique implanté à  $D/2$   
Situation valable pour un sol peu concave

Figure C.5 Cas 5 - Sol concave

#### Annexe D (informative) bibliographie

- FD S 30-008 Guide pour la rédaction des normes sur le mesurage du bruit aérien et l'évaluation de ses effets sur l'homme.
- NF S 30-101 Vocabulaire de l'acoustique - Définitions générales.
- NF S 30-102 Vocabulaire de l'acoustique - Systèmes de transmission et de propagation du son et des vibrations.
- NF S 30-103 Vocabulaire de l'acoustique - Appareillage acoustique.

#### Liste des documents référencés

- NF S31-010 (décembre 1996) : Acoustique - Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement - Méthodes particulières de mesurage