

« Coordination acoustique »

Date :

2011-09-28

Assistante:

Laurence VIALLE

Ligne directe : + 33 (0)1 41 62 84 57

Laurence.viaile@afnor.org

S30A

Numéro du document:

N 665

Responsable:

Sylviane BOUVENOT

Ligne directe : + 33 (0)1 41 62 84 37

Sylviane.bouvenot@afnor.org

Enquête Commissions

sur le PrFD S 31-118 « Acoustique – Définition et utilisation de l'indicateur « Leq court »

COMMENTAIRES/

DECISIONS

Le présent document a été préparé par la Commission S30J « Bruit dans l'environnement ». Il est soumis à enquête Commissions (S30J, S30M, S30A, S30B et S30 D).

SUITE A DONNER

Pour avis et commentaires éventuels à transmettre à l'AFNOR avant le 2 novembre 2011.

La décision à prendre sur la publication du fascicule de documentation sera prise lors de la réunion S30J prévue le 10 novembre 2011.

SOURCE

Sylviane BOUVENOT, Secrétaire de la Commission S30J

Normalisation française

FD S 31-118

Indice de classement : S 31-118

ICS :

T1 Acoustique

T2 Définition et utilisation de l'indicateur «Leq court»

T3

E : Acoustics -

D : Akustik — —

Correspondance

Il n'existe pas de normes internationale ou européenne traitant du même sujet.

Analyse

Le présent document définit les bases de la technique dite du Leq-court, qui est déjà implicitement utilisée par la plupart des normes relatives au bruit dans l'environnement.

La technique du Leq-court peut être appliquée dans toute mesure acoustique de l'environnement. Elle est applicable pour tous types de bruit. Reliée au concept du codage, elle a la faculté de prendre en compte l'identification et la quantification des sources de bruit.

Descripteurs

Thésaurus International Technique :

Modifications

Membres de la commission de normalisation

Président : M RUMEAU

Secrétariat : MME BOUVENOT – AFNOR

M	ABRAMOWITCH	EGIS ROUTE
M	AFLALO	01 DB METRAVIB
M	ALISON	ACOUSTIQUE INDUSTRIELLE SAS
M	ANDRE	ADEME
MME	AUJARD	01 DB METRAVIB
M	BARBO	AEROPORTS DE PARIS
M	BEAUMONT	IFSTTAR
M	BELINGARD	SNCF
M	BERROIR	MEDDTL
M	BONHOMME	CETE NORMANDIE CENTRE
M	BRASSENX	RATP
M	BRIAND	DIRECTION GENERALE DE LA SANTE
MME	BRINGER-GUERIN	DIRECTION GENERALE DE LA SANTE
M	CELLARD	LNE
MME	CEREZO	CETE DE LYON
M	CHAZAL	SNCF - NORHA
M	COQUEL	RATP
M	CORLAY	CETIM
M	COUASNET	EXPERTISE ET CONSULTING
M	DAUTIN	SOCOTEC SA
M	DEFRANCE	CSTB
M	DENAYROU	ALTIA
MME	DOISY	CETE DE L EST
M	DUTILLEUX	CETE DE L EST
M	ECOTIERE	CETE DE L EST
M	FERREIRA	APAVE PARISIENNE SAS
M	FICHEUX	UTAC SAS
MME	FILLOL	RATP
M	GAMBA	GAMBA ACOUSTIQUE & ASSOCIES
M	GAUVREAU	IFSTTAR
M	GODAL	DIRECTION GENERALE DE LA SANTE
M	GREMAUD	BRUEL & KJAER
M	GUENGANT	SME
M	GUIGNOUARD	LASA
M	JOLY	FEDERATION FRANCAISE DE TIR
M	JONCHERAY	MEDDTL – DGPR
M	JUNKER	EDF R&D
M	LAMBERT	IFSTTAR
M	LAURENT	FEDERATION FRANCAISE DE BALL TRAP
M	LECOQC	CIAL
M	LEGUILLETTE	BUREAU VERITAS
M	LEPOUTRE	ACNUSA
M	LETOURNEAUX	SNCF
M	LOI	CONSEIL NATIONAL PROTECTION CIVILE/ENVIRONNEMENT

M	MARCHAL	EMA
M	MARTIN	DGAC
M	RANCHIN	CABINET ASE
M	REGNARD	ACOUSTIQUE INDUSTRIELLE SAS
M	REHFELD	SAINT GOBAIN GLASS France
M	REYNAUD	ISOLATION TECHNOLOGIE SERVICES
M	RUMEAU	
M	SAURAT	CERTU
M	SAURAT	LES INGENIEURS SUPELEC
M	TERRIER	BNAE
M	THOMASSON	EDF R&D
M	VALENTIN	MEDDTL - DGPR
M	VALERI	FEDERATION FRANCAISE DE BALL TRAP
MME	VIOLLON	EDF R&D
M	WAKS	DGPR

Sommaire		Page
Avant-propos		5
Introduction		6
1	Domaine d'application.....	7
2	Références normatives	7
3	Termes et définitions	7
4	Principe de la méthode du Leq-court.....	9
5	Identification et quantification des sources du bruit	10
6	Incertitudes.....	12
Annex A Echantillonnage temporel des niveaux S, F et I (Slow, Fast et Impulse)		13
Bibliographie		14

Avant-propos

Le domaine de l'acoustique de l'environnement est couvert par la norme NF S 31-110. Cette norme constitue un cadre de plusieurs normes particulières.

L'objet du présent Fascicule de Documentation est de définir les bases de la technique dite du Leq-court, qui est déjà implicitement utilisée par la plupart de ces normes.

Introduction

Le présent document propose de définir le concept du Leq-court, en complément aux éléments pouvant figurer dans des normes de façon éparses, de façon à harmoniser son emploi au sein des normes utilisées en acoustique de l'environnement. Il en indique les exigences métrologiques.

La nécessité d'une définition normalisée résulte de l'emploi désormais généralisé de ce concept.

Les calculs des indicateurs (en général de longue durée) à partir des mesures en Leq-courts sont également définis.

Un des aspects les plus importants de la méthode est la possibilité de l'identification et de la quantification des sources de bruit. Le présent fascicule présente les bases du traitement des sources et définit les grandeurs acoustiques correspondantes. Il précise également les exigences concernant le choix des paramètres du codage des sources.

La description objective d'un environnement acoustique a le plus souvent pour finalité la description et la compréhension des effets du bruit sur l'homme. Or, ceux-ci sont liés à de nombreux facteurs objectifs (durée, caractère fluctuant et/ou impulsionnel du bruit, etc.). Il est souhaitable que la mesure acoustique prenne en compte le mieux possible un maximum de ces paramètres.

La technique du Leq-court a été mise au point et appliquée pour la première fois à la fin des années 70 au Laboratoire National d'Essais (devenu depuis lors le Laboratoire National de Métrologie et d'Essais). Les techniques analogiques utilisées communément à cette époque ne permettaient pas (sauf motivation extrême) d'envisager une analyse temporelle des situations acoustiques qui variaient en fonction du temps et nécessitaient souvent des mesures de longue durée. L'apparition de la méthode du Leq-court est organiquement liée au développement des techniques numériques, et en particulier à l'apparition des premiers ordinateurs de taille humaine.

En résumé, la méthode du Leq-court présente un grand nombre d'avantages :

- conservation numérique de l'information exploitable par un micro-ordinateur (par des logiciels spécialisés) ;
- description précise et souple d'une situation acoustique ;
- interprétation plus complète des résultats due en particulier à l'aide à l'identification des sources de bruit et à l'évaluation de l'impact objectif d'une ou de plusieurs sources sur l'environnement ;
- possibilité d'utiliser les enregistrements simultanés du son qui, au moyen d'un traitement synchronisé avec la mesure, permet d'identifier, de façon certaine, différentes sources de bruit composant un environnement et d'évaluer leur contribution énergétique respective (permettant, accessoirement, l'établissement du spectre).

Un exemple d'utilisation classique est donné en annexe (avec la différenciation de sources).

1 Domaine d'application

Le présent document définit les bases de la technique dite du « Leq-court ».

Cette technique peut être appliquée dans toute mesure acoustique de l'environnement.

Elle est applicable pour tous types de bruit. Reliée au concept du codage, elle aide à l'identification et à la quantification des sources de bruit.

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 61672-1 :2003, *Électroacoustique — Sonomètres — Partie 1 : Spécifications*

NF ENV 13005, *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure*

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

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

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

NF S 31-190, *Acoustique — Caractérisation des bruits d'aéronefs perçus dans l'environnement*

ISO 5725, *Exactitude (justesse et fidélité) des résultats et méthodes de mesure*

pr S 31-115-1, *Guide sur l'évaluation des incertitudes de mesurage en acoustique de l'environnement*

3 Termes et définitions

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

La norme NF S 30-101 définit les termes généraux de l'acoustique.

Les normes NF S 31-110 et NF S 31-010 définissent les termes applicables dans l'acoustique de l'environnement.

Dans le cadre du présent document, les définitions suivantes sont applicables :

3.1

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

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 :

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

où

$L_{eq,T}$ 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 μ Pa)

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

NOTE Lorsque l'on désire préciser les bornes de l'intervalle de mesure, $L_{eq,T}$ peut être écrit $L_{eq,(t1,t2)}$; par exemple, $L_{eq,(6h,22h)}$ 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 $L_{Aeq,T}$:

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

3.2

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

niveau de pression acoustique continu équivalent obtenu sur un intervalle de temps «court». Cet intervalle de temps, appelé durée d'intégration, a pour symbole τ . La durée d'intégration retenue dépend des phénomènes que l'on veut mettre en évidence

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

Lorsque la pression acoustique est pondérée en fréquence par la pondération "A", le niveau équivalent court pondéré A de la pression acoustique est noté $L_{Aeq,\tau}$.

Le niveau de pression acoustique continu équivalent, $L_{eq,T}$ peut être calculé à partir de l'ensemble des L_{eq} -courts $L_{eq,\tau}$ sur des intervalles élémentaires τ couvrant la totalité de l'intervalle de mesure T :

$$L_{eq,T} = 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{N} \sum_{i=0}^N 10^{0,1 \cdot L_{eq,\tau,i}} \right]$$

où

T est la durée de l'intervalle de mesure

$L_{eq,\tau,i}$ est le L_{eq} court pendant la période élémentaire numéro i

N est le nombre de périodes élémentaires τ pendant la durée T de la mesure

3.3

intervalle élémentaire, τ

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

3.4

code d'une source de bruit

information associant un ou plusieurs intervalles élémentaires au fonctionnement d'une source de bruit

Dans le cas particulier de l'absence de source pendant une période donnée, un code spécial est attribué à tous les intervalles élémentaires constituant cette période pour indiquer l'absence de source.

3.5

codage

ensemble de techniques d'association des codes des sources aux périodes élémentaires

3.6

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

le niveau acoustique fractile $L_{N,\tau}$ est défini comme le niveau de pression acoustique dépassé pendant N% de l'intervalle de temps considéré

Dans la normalisation française (NF S 31-010 et NF S 31-110), le calcul du niveau acoustique fractile $L_{N,\tau}$ est basé sur la population des Leq-courts correspondant aux périodes élémentaires τ .

EXEMPLE Le $L_{90,1s}$ est le niveau de pression acoustique continu équivalent atteint ou dépassé pendant 90 % de la durée de l'intervalle de mesurage, avec une durée d'intégration égale à 1 s.

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

Il convient d'indiquer la durée totale du calcul ou (ce qui est équivalent) le nombre de périodes élémentaires pris pour le calcul.

4 Principe de la méthode du Leq-court

La méthode du Leq-court englobe l'ensemble des techniques de mesure, stockage et traitement des Leq courts mesurés sur les mêmes intervalles courts de temps.

La mesure in situ résulte en une suite de Leq-courts correspondant aux intervalles élémentaires consécutifs, couvrant la période de mesurage. A partir de cette population, il est possible de calculer le niveau équivalent pour chaque sous-période, y compris pour la période globale.

La datation de chaque intervalle élémentaire rend possible la comparaison de mesures effectuées en parallèle en plusieurs points. Elle permet également la comparaison avec des mesures autres que celle des Leq courts, échantillonnées à la même cadence, avec le même intervalle élémentaire (échantillonnage des niveaux Slow, Fast, ..., du niveau crête, de la sonie, etc., et/ou des grandeurs non acoustiques).

Le codage des sources est un élément de base de la méthode du Leq-court. Il est décrit en détail dans l'article suivant.

4.1 Emploi du Leq-court dans le domaine des basses fréquences

L'emploi du Leq-court avec de faibles valeurs τ et en basses fréquences peut conduire à des variations du résultat.

En pratique, afin de ne pas s'exposer à des variations du résultat de la mesure $> 0,1$ dB, il convient de se limiter aux combinaisons satisfaisant la relation suivante : $N \cdot \tau \times f_{\min}$ du signal > 7 (formule valable pour un signal non filtré).

A titre d'exemple d'application sur la gamme de travail commençant à 50 Hz (cas de la norme NF S 31-010), la valeur minimale de $\{N \cdot \tau\}$ (pour un signal non filtré) serait égale à 0,14 s. L'emploi de la pondération A peut conduire à augmenter notablement cette valeur.

$N \cdot \tau$ = durée d'observation en secondes

4.2 Retard de groupe

Pour chaque fréquence, les filtres des sonomètres génèrent des retards différents.

Le retard de groupe n'est pas propre au traitement en Leq courts mais est une conséquence possible des filtrages fréquentiels opérés sur le signal avant son découpage en Leq-courts.

Pour le mesurage d'événements très courts, vérifier que le retard de groupe dû à l'instrumentation à la fréquence étudiée du signal reste négligeable devant la durée totale d'intégration de l'événement ou, à défaut, d'en tenir compte.

4.3 Impact du découpage temporel

Pour le mesurage d'événements très courts (par exemple de l'ordre de 100 ms), il convient de prendre en considération l'incertitude engendrée par le découpage d'un signal gaussien en Leq courts.

L'incertitude type induite par le découpage temporel est $L_g = (4,34/\sqrt{B\tau})$ dB

B est la largeur de bande du signal

τ est la durée d'intégration totale du Leq

Dans le bas de la gamme d'analyse de la norme NF S 31-010, sur le tiers d'octave 50 Hz (largeur de bande : 12 Hz), pour $\tau = 100$ ms, la formule ci-dessus conduit à la valeur $L_g = 4$ dB.

A l'inverse, la recherche d'une incertitude limitée à 0,1 dB, pour une largeur de 10 kHz, conduirait à une durée d'intégration de 0,2 s environ.

5 Identification et quantification des sources du bruit

5.1 Description générale

Une mesure acoustique de l'environnement a souvent pour but l'établissement de l'impact d'une source de bruit. Le codage, qui fait partie de la méthode du Leq-court, est une méthodologie d'identification des sources. Les périodes correspondant au fonctionnement d'une source peuvent être identifiées et repérées, permettant ainsi les calculs distincts des niveaux du bruit émergent et du bruit résiduel.

Le codage consiste en l'association d'un code aux intervalles élémentaires correspondant au fonctionnement d'une source du bruit. La suite résultante des Leq-courts sera ainsi composée de deux sous-ensembles :

- les instants du fonctionnement de la (ou des) source(s) ;
- les instants correspondant au bruit résiduel.

A chaque instant (chaque intervalle élémentaire) sont associés :

- la valeur acoustique (le niveau Leq court) ;
- le (ou les) code(s) des sources.

L'absence de sources peut porter un code particulier (bruit résiduel).

5.2 Périodes éliminées

Des événements divers peuvent se produire pendant la période de mesurage. Certains d'entre eux peuvent ne pas être représentatifs de la situation mesurée. Ces événements peuvent être codés avec un code spécial («mesure invalide») et éliminés de tout calcul.

5.3 Techniques du codage des sources

Le codage peut avoir diverses origines. Parmi les méthodes de codage figurent :

- le codage manuel in situ ;
- le codage du seuil ;
- des codages plus élaborés appliqués dans des situations plus complexes.

Codage manuel

Ce type de codage peut être effectué soit in situ (en temps réel, par exemple en appuyant sur le bouton approprié d'un sonomètre), soit en post-traitement (par exemple sur la base du tracé de l'évolution temporelle du niveau, en plaçant les curseurs sur le début et sur la fin de l'apparition de la source). Le codage en post-traitement peut bénéficier d'informations complémentaires, acoustiques ou non (écoute des enregistrements du son synchronisés avec la mesure, analyse du signal vidéo, ...).

Le codage manuel in situ impose une vérification en post-traitement pour recalibrer, si nécessaire, le début et la fin de la période de codage. A défaut, il faut considérer ce codage comme impossible sur des événements courts et imprévisibles.

Les règles du codage manuel, in situ ou en post-traitement, doivent être explicites pour garantir, autant que possible, une reproductibilité avec des opérateurs différents.

Codage automatique

Le codage automatique s'effectue en trois étapes :

- détection d'un événement ;
- classification ;
- validation.

Un exemple du cycle complet de codage est donné par la norme NF S 31-190 (codage des aéronefs).

5.3.1 Détection d'un événement

La détection établit la présence d'un événement acoustique, qui peut potentiellement être une apparition de la source étudiée. Il est important que tous les événements pertinents soient détectés, la suite du codage automatique pouvant dans ce cas avoir la logique d'un tri (réjection seule, sans ajouts). La détection peut comporter l'information sur le début et sur la fin de l'événement.

La détection peut être faite in situ, quand le système de mesure reçoit l'information sur le fonctionnement ou non de la source (par exemple, par un relais électrique ou électromécanique).

Elle peut également résulter de l'analyse des données (in situ ou en post-traitement). Le cas le plus courant est la détection sur seuil. Différentes variantes de détection sur seuil sont utilisées. La plus simple est la détection sur seuil fixe, quand le L_{eq} court dans l'intervalle élémentaire dépasse un seuil fixe. Quand c'est possible, cette technique peut être améliorée par l'utilisation d'un deuxième point de mesure, proche de la source (un «mouchard»), plus représentatif des périodes de fonctionnement. Il est également envisageable de comparer à un seuil les L_{eq} courts dans une bande de fréquence particulièrement émergente. Une détection plus élaborée est celle qui utilise un seuil variable, indexé typiquement sur un niveau fractile (par exemple $L_{90,1s} + 5$ dB).

D'autres types de détection sont évidemment possibles. La référence [3] décrit un algorithme de détection basé sur le timbre du son des sources.

5.3.2 Classification

La classification automatique est le processus d'identification des apparitions de la source considérée parmi tous les événements détectés.

Cette étape comporte également l'établissement de l'instant du début et de l'instant de la fin de l'événement. Exemples des règles possibles :

- le début est décalé systématiquement d'un nombre fixe de secondes par rapport au moment de la détection (pour prendre en compte l'approche d'une source mobile) ; de façon similaire, la fin est décalée par rapport à la fin de la détection si celle-ci est disponible ;
- le début correspond à la fin de l'inclinaison moyenne positive de la courbe en remontant le temps ;

— ...

Le tri des événements non pertinents dépend des caractéristiques de la source considérée. Par exemple, les critères suivants peuvent être utilisés :

- la durée de l'événement (par exemple : dans le cas du codage des avions, rejet des événements dont la durée est supérieure à 3 min) ;
- la dynamique (par exemple : rejet des événements qui dépassent le niveau résiduel de moins de 3 dB) ;
- la forme de la courbe de l'événement (par exemple : dans le cas du codage d'un compresseur, rejet des événements pour lesquels le plateau n'est pas assez plat, $L_{eqmax} - L_{90,1s} > 10$ dB).

— ...

5.3.3 Validation

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 pourra être validé sans modification.

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

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

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

L'utilisation de données supplémentaires pour valider les codages peut s'avérer nécessaire. Les données complémentaires seront prises en compte prioritairement : les enregistrements audio, ainsi que les données non-acoustiques (radar pour le codage des aéronefs, horaires pour les trains, ...).

6 Incertitudes

L'incertitude dépend des mêmes postes que pour tout niveau acoustique.

Cette dernière relève de l'instrumentation, et peut être abordée à partir des spécifications de la norme NF EN 61672-1.

Les calculs d'indices fractiles déduits des valeurs de L_{eq} -courts proprement dits ne comportent pas d'incertitude de mesure. On peut donc adopter la valeur maximale de l'incertitude de mesure des L_{eq} courts (NF EN 61672-1, § 7.8).

Annex A

Echantillonnage temporel des niveaux S, F et I (Slow, Fast et Impulse)

A.1 Grandeurs stockées

Dans un cas général, les niveaux Slow et Fast varient à l'intérieur des périodes élémentaires même les plus courtes. Quatre techniques d'association de cette variation à la période sont utilisées :

- le niveau instantané (au début ou à la fin de la période élémentaire) ;
- le niveau moyen dans le sens du Leq du Slow ou du Fast ;
- le niveau maximum ;
- le niveau minimum.

A.2 Etablissement du Leq sur périodes longues à partir d'échantillons Fast ou Slow

La norme NF EN 61672-1, dans la définition du niveau équivalent, contient la formulation suivante :

«En principe, la pondération temporelle n'est pas incluse dans la détermination du niveau continu équivalent de la pression acoustique.».

Dans la vie, la pratique contredit le principe. Le stockage des Leq du Fast ou du Slow permet de s'approcher du stockage des Leq courts proprement dits. En particulier, il est dans ce cas possible de déterminer le Leq global sur une période longue, et ceci indépendamment de la durée de la période élémentaire.

En général, le stockage du Leq calculé sur la base du Slow ou du Fast est utilisé en parallèle avec le stockage du maximum.

Il est également possible de calculer le Leq global à partir des valeurs instantanées du S ou du F. Les contraintes qui pèsent dans ce cas sur la période élémentaire sont spécifiées à l'article A.3.

A.3 Pondération temporelle I (Impulse)

Les considérations ci-dessus concernant le stockage des niveaux Fast et Slow restent valables également pour le niveau Impulse, à une importante restriction près : le niveau Impulse n'est pas cumulatif. Son exploitation est habituellement limitée à l'établissement d'un maximum dans la période considérée.

Bibliographie

- [1] A. KOMORN «Méthode de description objective d'un environnement acoustique». Rapport d'étude pour la Commission des Communautés Européennes (Avril 1979)
- [2] P. LUQUET «Application du Leq-court à la surveillance acoustique d'un site». Rapport d'étude pour le Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie (Décembre 1980)
- [3] BORIS DEFREVILLE «Caractérisation de la qualité sonore de l'environnement urbain : une approche physique et perceptive basée sur l'identification des sources sonores». (Thèse à l'Université de Cergy Pontoise 2005)
- [4] MARIO ROSSI «Audio» (2007) – Presse polytechnique universitaire romande