



**Avant-projet de norme soumis à enquête probatoire jusqu'au :  
5 juin 2006**

prNF EN ISO 7779/A2

Indice de classement : S 31-072/A2

**T1 Acoustique**

**T2 Mesurage du bruit aérien émis par les équipements liés aux technologies de l'information et aux télécommunications**

**T3**

E : Acoustics — Measurement of airborne noise emitted by information technology and telecommunications equipment

D :

Avant-projet de norme française homologuée

Remplace

---

Correspondance

---

Analyse

---

Modifications

ICS

Version Française

Acoustique - Mesurage du bruit aérien émis par les équipements  
liés aux technologies de l'information et aux télécommunications  
- Amendement 2 (ISO 7779:2001/DAM 2:2006)

Acoustics - Measurement of airborne noise emitted by  
information technology and telecommunications equipment  
- Amendment 2 (ISO 7779:2001/DAM 2:2006)

Le présent projet d'amendement est soumis aux membres du CEN pour enquête parallèle. Il a été établi par le Comité Technique CEN/TC 211.

Ce projet d'amendement A2, s'il est approuvé, modifiera la Norme européenne EN ISO 7779:2001. Si ce projet devient un amendement, les membres du CEN sont tenus de se soumettre au Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, qui définit les conditions dans lesquelles l'amendement doit être inclus, sans modification, dans la norme nationale correspondante.

Le présent projet d'amendement a été établi par le CEN en trois versions officielles (allemand, anglais, français). Une version dans une autre langue faite par traduction sous la responsabilité d'un membre du CEN dans sa langue nationale et notifiée au Centre de Gestion, a le même statut que les versions officielles.

Les membres du CEN sont les organismes nationaux de normalisation des pays suivants: Allemagne, Autriche, Belgique, Chypre, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République Tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède et Suisse.

Les destinataires du présent projet sont invités à présenter, avec leurs observations, notifications des droits de propriété dont ils auraient éventuellement connaissance et à fournir une documentation explicative.

**Avertissement** : Le présent document n'est pas une Norme européenne. Il est diffusé pour examen et observations. Il est susceptible de modification sans préavis et ne doit pas être cité comme Norme européenne



COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION  
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG  
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION

Centre de Gestion: rue de Stassart, 36 B-1050 Bruxelles

---

## **Avant-propos**

Le présent document (EN ISO 7779:2001/prA2:2006) a été élaboré par le Comité Technique ISO/TC 43 "Acoustique" en collaboration avec le Comité Technique CEN/TC 211 "Acoustique" dont le secrétariat est tenu par le DS.

Ce document est actuellement soumis à l'Enquête parallèle.

## **Notice d'entérinement**

Le texte de l'ISO 7779:2001/DAM2:2006 a été approuvé par le CEN comme EN ISO 7779:2001/prA2:2006 sans aucune modification.

**ISO/TC 43/SC 1**

Date: 2006-01-01

**ISO 7779:1999/DAM 2**

ISO/TC 43/SC 1/GT

Secrétariat:

## **Acoustique — Mesurage du bruit aérien émis par les équipements liés aux technologies de l'information et de télécommunication — Révision des surfaces de mesurage, des modes opératoires d'installation/exploitation des équipements et de la détection des composantes tonales discrètes émergentes**

*Acoustics — Measurement of airborne noise emitted by information technology and telecommunications equipment — Revision of measurement surfaces, procedures for equipment installation/operation and detection of prominent discrete tones*

### **Avertissement**

Ce document n'est pas une Norme internationale de l'ISO. Il est distribué pour examen et observations. Il est susceptible de modification sans préavis et ne peut être cité comme Norme internationale.

Les destinataires du présent projet sont invités à présenter, avec leurs observations, notification des droits de propriété dont ils auraient éventuellement connaissance et à fournir une documentation explicative.

Type du document: Norme internationale  
Sous-type du document: Amendement  
Stade du document: (40) Enquête  
Langue du document: F

### Notice de droit d'auteur

Ce document de l'ISO est un projet de Norme internationale qui est protégé par les droits d'auteur de l'ISO. Sauf autorisé par les lois en matière de droits d'auteur du pays utilisateur, aucune partie de ce projet ISO ne peut être reproduite, enregistrée dans un système d'extraction ou transmise sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, les enregistrements ou autres, sans autorisation écrite préalable.

Les demandes d'autorisation de reproduction doivent être envoyées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20  
Tel. + 41 22 749 01 11  
Fax + 41 22 749 09 47  
E-mail [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Toute reproduction est soumise au paiement de droits ou à un contrat de licence.

Les contrevenants pourront être poursuivis.

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

L'Amendement 2 à l'ISO 7779:1999 a été élaboré par le comité technique ISO/TC 43, *Acoustique*, sous-comité SC 1, et par le comité technique CEN/TC 211, *Acoustique* en collaboration.



# Acoustique — Mesurage du bruit aérien émis par les équipements liés aux technologies de l'information et de télécommunication — Révision des surfaces de mesurage, des modes opératoires d'installation/exploitation des équipements et de la détection des composantes tonales discrètes émergentes

## 1 Domaine d'application

*Page 2 : Références normatives*

Remplacer ISO 3745:1977 par :

ISO 3745:2003, *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit — Méthodes de laboratoire pour les salles anéchoïque et semi-anéchoïque.*

Supprimer ce qui suit :

ISO 10302:1996, *Acoustique — Méthode de mesurage du bruit aérien émis par les petits équipements de ventilation.*

Ajouter ce qui suit :

ISO 389-7:2005, *Acoustique — Zéro de référence pour l'étalonnage d'équipements audiométriques — Partie 7 : Niveau liminaire de référence dans des conditions d'écoute en champ libre et en champ diffus*

CEI 61672-1:2002, *Electroacoustique — Sonomètres — Partie 1 : Spécifications*

ECMA-74:2005, *Measurement of airborne noise emitted by information technology and telecommunications equipment*

*Page 7: 5.1.7*

Remplacer le paragraphe 5.1.7 existant par ce qui suit :

### 5.1.7 Sous-ensembles

Un sous-ensemble doit être soutenu à  $0,25 \pm 0,03$  m au-dessus du plan réfléchissant par des éléments isolant des vibrations. Si la surface de mesurage hémisphérique utilisée a un rayon inférieur à 1 m mais d'au moins 0,5 m, la hauteur d'essai du sous-ensemble doit être réduite à  $0,125 \text{ m} \begin{matrix} +0,03 \text{ m} \\ -0,05 \text{ m} \end{matrix}$ . Les supports ne doivent pas interférer dans la propagation du bruit aérien.

Remplacer le premier alinéa du paragraphe 7.6.1 existant et les Notes qui suivent par ce qui suit :

### 7.6.1 Généralités

Sauf cas spécifiés à l'Annexe B, les prescriptions de l'ISO 3744:1994 ou de l'ISO 3745:2003 doivent être respectées. Pour les équipements liés aux technologies de l'information et des télécommunications, les surfaces de mesurage privilégiées sont hémisphériques et sont décrites dans l'Annexe B de l'ISO 3744:1994. Les conditions de l'article 5 ci-dessus doivent toutefois être respectées. Le nombre et l'emplacement des positions microphoniques doivent, dans la mesure du possible et sauf cas spécifiés dans l'annexe B de la présente Norme internationale, être tels que spécifiés dans les Annexes B ou C de l'ISO 3744:1994, ou dans les Annexes D, E, F ou G de l'ISO 3745:2003.

NOTE 1 Dans certains cas, par exemple lorsque de petits équipements émettent des bruits de niveau acoustique relativement faible, il peut être utile d'utiliser une surface hémisphérique plus petite ayant un rayon d'au moins 0,5 m. Pour réduire le plus possible les effets de champ proche, ce rayon de 0,5 m doit correspondre à une limite de fréquence inférieure d'environ 172 Hz.

NOTE 2 B.2 définit une surface de mesurage cylindrique en variante de la surface parallélépipédique de l'ISO 3744:1994.

Remplacer l'Annexe B existante par ce qui suit :

## Annexe B (informative)

### Surfaces de mesurage

#### B.1 Surface hémisphérique

Se référer à l'ISO 3744 pour les exigences relatives aux emplacements de microphones et à la géométrie de la surface de mesurage hémisphérique et des répartitions de microphones et observer également les recommandations suivantes :

- a) En cas de positions fixes, il est recommandé d'utiliser, pour toutes les sources, les positions microphoniques indiquées dans l'ISO 3744 pour les sources émettant des composantes tonales discrètes. Les coordonnées de cet arrangement sont reproduites ci-dessous dans le Tableau B.1.
- b) Avec les trajectoires microphoniques circulaire coaxiales spécifiées dans l'ISO 3744, il est recommandé d'utiliser un minimum de dix hauteurs.

D'autres variantes acceptables sont décrites dans les Annexes D, E, F, et G de l'ISO 3745:2003.

**Tableau B.1 — Coordonnées des positions microphoniques pour les équipements émettant des composantes tonales**

Position	$x/r$	$y/r$	$z/r$
1	0,16	- 0,96	0,22
2	0,78	- 0,60	0,20
3	0,78	0,55	0,31
4	0,16	0,90	0,41
5	- 0,83	0,32	0,45
6	- 0,83	- 0,40	0,38
7	- 0,26	- 0,65	0,71
8	0,74	- 0,07	0,67
9	- 0,26	0,50	0,83
10	0,10	- 0,10	0,99

Pour les petits équipements, il est possible d'utiliser une surface hémisphérique de rayon égal à au moins 0,5 m. Pour réduire le plus possible les effets de champ proche, ce rayon de 0,5 m doit avoir une limite de fréquence inférieure correspondante d'environ 172 Hz (en fonction de l'exigence voulant qu'un quart de la longueur d'onde de la tonalité se trouve à la fréquence concernée la plus basse). Des informations complémentaires sont données dans les références [12], [13] et [14].

## B.2 Surface cylindrique

### B.2.1 Généralités

La Figure B.1 illustre une surface de mesure cylindrique pour laquelle les microphones ont été placés sur les côtés et le dessus du cylindre. Le cylindre doit être centré sur le parallélépipède de référence, la base du cylindre et le parallélépipède ayant leurs centres confondus. Les dimensions du parallélépipède de référence,  $l_1$ ,  $l_2$ , et  $l_3$ , et les distances de référence au cylindre,  $d_1$ ,  $d_2$ , et  $d_3$  sont telles qu'indiqué. Pour les besoins de la présente annexe, des notations dimensionnelles doivent être choisies ou affectées de façon que  $l_1 \geq l_2$ . Toutes les dimensions sont exprimées en mètres.

NOTE La surface de mesure cylindrique indiquée ici ou une autre similaire sera incluse dans la version révisée à venir de l'ISO 3744.

### B.2.2 Choix de la dimension de la surface cylindrique

Les positions (ou trajectoires) microphoniques se situent sur la surface de mesure, une surface cylindrique fictive enveloppant la source et ayant une aire totale  $S$  égale à la somme des aires de la surface circulaire supérieure  $S_{top}$  et de la surface latérale verticale  $S_{side}$ . Le rayon du cylindre est  $R = l_1/2 + d_1 = l_2/2 + d_2$  et la hauteur du cylindre  $H = l_3 + d_3$ . L'aire de la surface supérieure du cylindre est  $S_{top} = \pi R^2$  et l'aire de la surface latérale verticale  $S_{side} = 2\pi R H$ . Dans la mesure où les microphones sont associés à des sous-surfaces inégales, tant  $d_3$  que  $d_1$  peuvent être choisis de manière arbitraire en fonction de la taille de la machine soumise à essais ou d'autres considérations. Il est recommandé que les deux distances soient fixées à la même valeur, de préférence 1 m, mais ni l'une ni l'autre ne doivent être inférieures à 0,5 m. Par ailleurs aucune des distances  $d_1$ ,  $d_2$ , ou  $d_3$  ne doit être supérieure à 1,5 fois l'une des deux autres (cette condition sera remplie par exemple pour  $d_1$  et  $d_2$  si  $d_1 \geq l_1 - l_2$ ). Une fois  $d_3$  et  $d_1$  choisis,  $H$  et  $R$  sont définis et  $d_2$  s'en déduit :  $d_2 = R - l_2/2$ .

### B.2.3 Choix des positions microphoniques sur la surface cylindrique

Sur la surface cylindrique, les microphones sont associés à des sous-surfaces inégales comme décrit ci-dessus. Il est fortement recommandé d'utiliser des trajectoires continues (trajectoires microphoniques circulaires). Si toutefois des positions microphoniques fixes sont utilisées pour échantillonner sur les trajectoires circulaires, il faut utiliser au moins douze positions angulaires régulièrement espacées (à 30 ° ou moins les unes des autres). Les trajectoires transversales peuvent être obtenues soit en faisant tourner les microphones autour d'une source fixe, soit en faisant tourner la source autour de microphones fixes.

Les exigences qui suivent régissent le nombre de microphones (trajectoires microphoniques) sur les côtés,  $N_{side}$ , le nombre de microphones sur le dessus,  $N_{top}$ , et les sous-surfaces associées : (1)  $N_{side} \geq H/0,5$  (pour réaliser un échantillonnage vertical convenable en limitant les écartements à 0,5 m ou moins ; (2) au minimum,  $N_{side} \geq 4$  (pour les sources relativement courtes) ; et (3)  $N_{top} \geq N_{side} / 2$ .

Les microphones sur la surface latérale sont associés à des sous-surfaces égales et sont positionnés de telle sorte que le  $i^{ème}$  microphone se situe à  $h_i = (I - 1/2)H/N_{side}$  au-dessus du sol. Le niveau de pression acoustique moyenné sur la surface latérale est de :

$$\overline{L_{p,side}} = 10 \lg \left[ \frac{1}{N_{side}} \sum_{i=1}^{N_{side}} 10^{0,1L_{pi}} \right] \text{ dB} \quad (B.1)$$

Les microphones sur la surface supérieure sont associés à des sous-surfaces inégales  $S_j$ , et sont répartis de façon régulière sur le rayon de la surface supérieure. Le rayon de la  $j^{\text{ème}}$  sous-surface est  $R_j = jR/N_{\text{top}}$ , et la position de chaque microphone de dessus est  $r_j = R_{j-1} + (R_j - R_{j-1})/2$  pour  $j > 1$  et  $r_1 = R_1/2$ . Le niveau de pression acoustique moyenné sur la surface de dessus est de :

$$\overline{L_{p,\text{top}}} = 10 \lg \left[ \frac{1}{S_{\text{top}}} \sum_{j=1}^{N_{\text{top}}} S_j 10^{0,1L_{p,j}} \right] \text{ dB} \quad (\text{B.2})$$

où  $S_j = \pi(R_j^2 - R_{j-1}^2)$  pour  $j > 1$ , et  $S_1 = \pi R_1^2$ .

La Figure B.2 illustre l'exemple d'un arrangement de cinq microphones latéraux verticaux et de quatre microphones supérieurs.

### B.2.4 Calcul du niveau de pression acoustique moyen sur la surface cylindrique

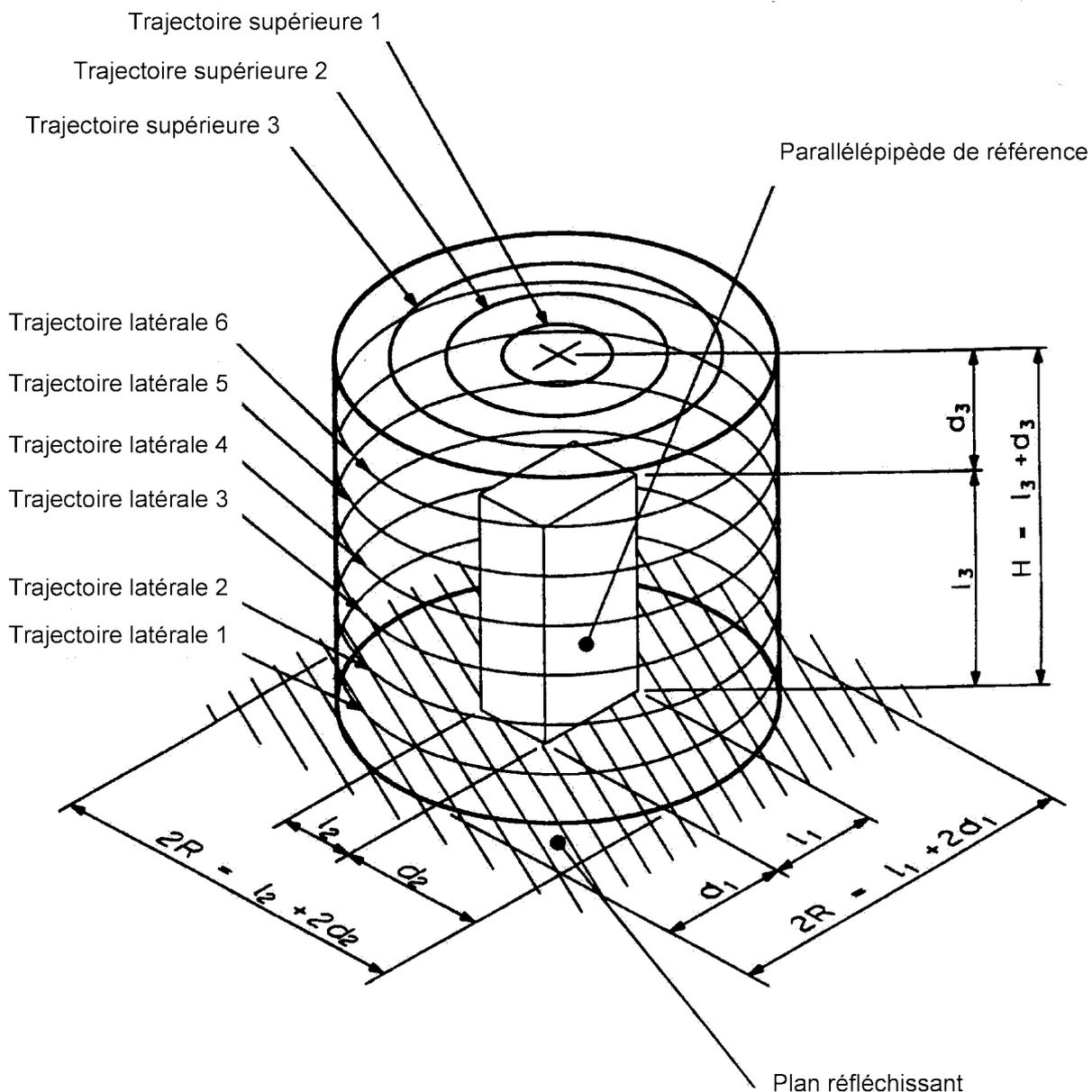
Le niveau de pression acoustique moyen sur la surface de mesurage cylindrique est donné par :

$$\overline{L_p} = 10 \lg \frac{1}{S} \left[ S_{\text{top}} 10^{0,1\overline{L_{p,\text{top}}}} + S_{\text{side}} 10^{0,1\overline{L_{p,\text{side}}}} \right] \text{ dB} \quad (\text{B.3})$$

où  $S = S_{\text{top}} + S_{\text{side}}$ ,  $\overline{L_{p,\text{top}}}$  et  $\overline{L_{p,\text{side}}}$  sont donnés ci-dessus.

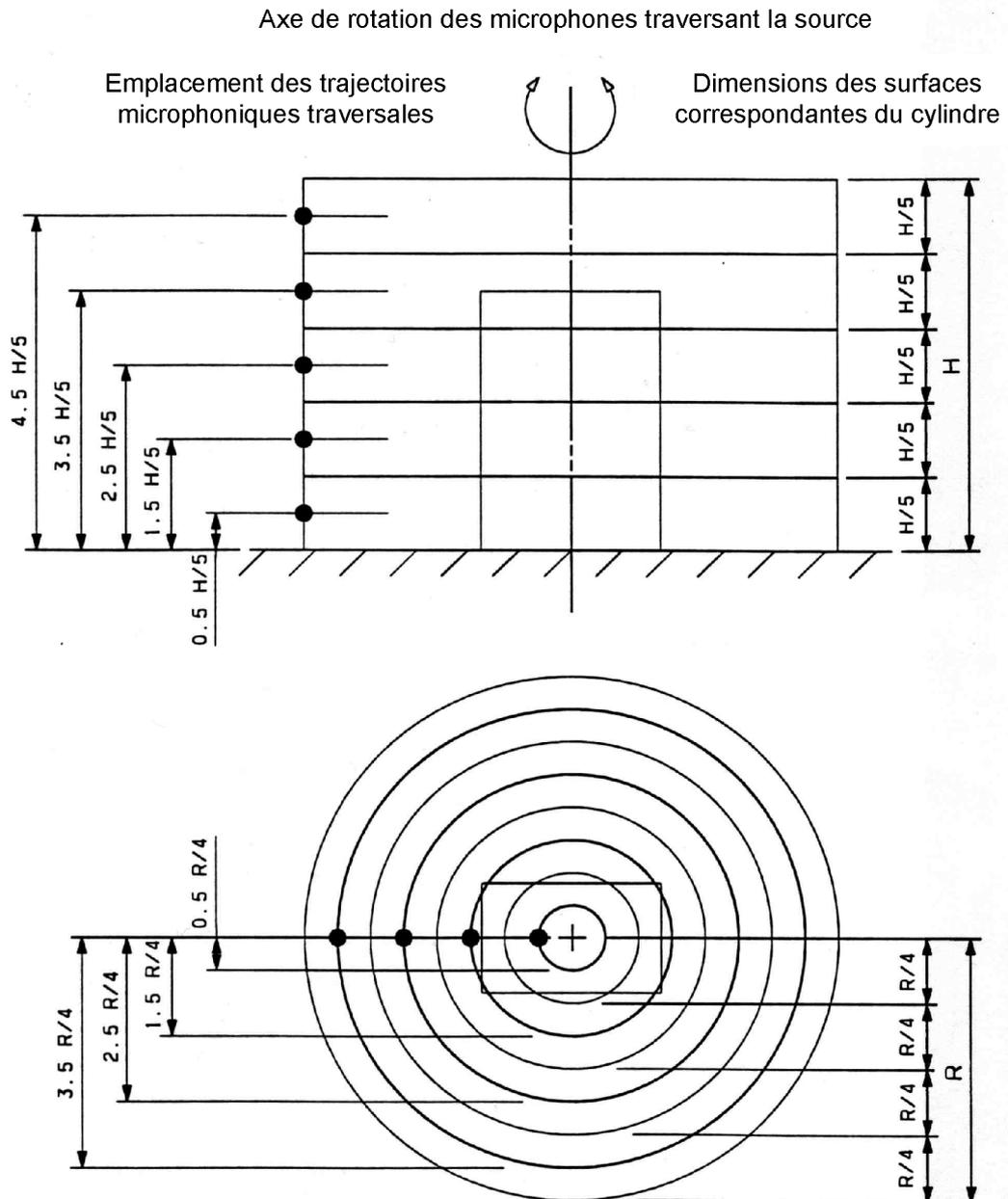
NOTE La grandeur  $\overline{L_p}$  de l'Equation (B.3) correspond soit à  $\overline{L'_p}$  soit à  $\overline{L''_p}$  de 8.1 de l'ISO 3744:1944, selon que le mesurage se fait sur la source ou sur le bruit de fond.

Des précisions complémentaires sur la surface cylindrique se trouvent dans les références [15], [16] et [17] de la Bibliographie.



**Figure B.1— Illustration de la surface de mesure cylindrique et d'un arrangement microphonique cylindrique**

Sont représentées les trajectoires microphoniques circulaires latérales et supérieures pour une configuration de 6 microphones latéraux et 3 microphones supérieurs.

EXEMPLE POUR  $N_S = 5$ ,  $N_T = 4$ 

NOTE Les trajectoires sont choisies de façon que leurs écartements radiaux respectifs soient égaux

**Figure B.2 — Surface de mesure cylindrique et arrangement de 5 microphones latéraux et 4 microphones supérieurs**

Page 30 : Annexe C

Remplacer l'Annexe C existante par ce qui suit :

## **Annexe C** (normative)

### **Conditions d'installation et de fonctionnement pour les catégories spécifiques d'équipements**

La présente annexe spécifie les conditions d'installation et de fonctionnement de nombreuses catégories spécifiques d'équipements par référence à l'Annexe C de l'ECMA-74:2005 qui donne des précisions sur le mesurage des émissions de bruit.

Durant l'essai de ces équipements, pour se conformer à la présente Norme internationale, ces conditions doivent être respectées. Dans la mesure du possible, les conditions spécifiées dans la présente annexe sont considérées comme étant représentatives d'une utilisation normale. Elles sont prescrites de façon à faciliter la mise en fonctionnement de l'équipement et à accroître la fiabilité des mesurages acoustiques.

Pour les besoins de la conformité à la présente Norme internationale, toutes les exigences spécifiées dans l'Annexe C de l'ECMA-74:2005 sont également obligatoires. Les références à l'ECMA-108 [10] et l'ECMA-109 [11] de l'annexe doivent être remplacées par celles de l'ISO 9295 et de l'ISO 9296 respectivement.

Pour les catégories d'équipements non traitées dans l'annexe, les conditions réelles d'essai utilisées doivent être décrites et justifiées dans le rapport d'essai.

Page 55 : Annexe D

Remplacer l'Annexe D existante par ce qui suit :

## **Annexe D** (informative)

### **Identification et évaluation des composantes tonales discrètes émergentes (tonalités marquées)**

#### **D.1 Domaine d'application**

La présente annexe décrit deux méthodes permettant de déterminer si le bruit émis comprend ou non des composantes tonales discrètes émergentes : la méthode du rapport tonalité/bruit et la méthode du taux d'émergence.

Les composantes tonales apparaissant à n'importe quelle fréquence dans des bandes d'un tiers d'octave ayant une fréquence centrale comprise entre 100 Hz et 10 000 Hz (c'est à dire les composantes tonales comprises entre 89,1 Hz et 11 220 Hz inclus) peuvent être évaluées par les méthodes spécifiées dans la présente annexe.

Dans l'environnement d'essai toutes les exigences de 8.3 doivent être respectées. Pour les besoins de la présente annexe, toutefois, aucune correction de bruit de fond,  $K_1$  ou d'environnement d'essai,  $K_2$  ne doit être appliquée.

NOTE 1 Certains équipements liés aux technologies de l'information et des télécommunications émettant des composantes tonales discrètes dans la bande d'octave de 16 KHz, il est possible de calculer pour ces composantes le rapport tonalité/bruit ou le taux d'émergence selon les méthodes données dans la présente annexe dans le but de quantifier leurs niveaux relatifs. Il n'est cependant pas possible d'appliquer les critères d'émergence de D.7.5 ou de D.8.6 dans la mesure ces tonalités de fréquence élevée ne font l'objet d'aucunes données psychoacoustiques.

La déclaration du bruit émis par les produits conformément à l'ISO 9296 permet d'indiquer si cette émission contient ou non des composantes tonales discrètes émergentes au sens déterminé par la présente annexe. D'autres normes ou codes d'essai relatifs à des produits connexes aux équipements liés aux technologies de l'information et des télécommunications peuvent également faire référence à la présente annexe pour la déclaration des composantes tonales discrètes émergentes. Il est possible, sauf spécification contraire dans la norme ou le code d'essai en question, d'utiliser soit la méthode du rapport tonalité/bruit, soit la méthode du taux d'émergence.

NOTE 2 La méthode du rapport tonalité/bruit peut se révéler plus exacte pour les composantes tonales multiples dans des bandes critiques adjacentes, par exemple lorsqu'il existe des harmoniques fortes. La méthode du taux d'émergence peut être plus efficace pour des tonalités multiples dans une même bande critique et il est plus facile de l'automatiser pour traiter de tels cas.

## D.2 Arrière-plan psychoacoustique

Une composante tonale discrète qui apparaît dans un bruit à large bande est partiellement masquée par la partie du bruit contenue dans une bande de fréquence relativement étroite, appelée bande critique, qui est centrée sur la fréquence de la composante. Le bruit, aux fréquences qui se situent en dehors de la bande critique, ne contribue pas de manière significative à l'effet de masque. La largeur d'une bande critique est analysée en fonction de la fréquence (voir D.6). En général, une tonalité commence à être audible en présence d'un bruit lorsque tonalité niveau de pression acoustique se situe, selon la fréquence, entre 2 dB et 6 dB en dessous du niveau de pression acoustique du bruit masquant contenu dans la bande critique centrée autour de la tonalité. Il s'agit de ce qu'on appelle parfois le seuil d'audibilité. Pour les besoins de la présente annexe, avec la méthode du rapport tonalité/bruit, une composante tonale discrète est définie comme *émergente* si le niveau de pression acoustique de la tonalité dépasse de 8 dB le niveau de pression acoustique du bruit masquant dans la bande critique pour les fréquences de la tonalité égales ou supérieures à 1 000 Hz ou d'une quantité supérieure pour les fréquences plus basses. Cela correspond en général à une composante émergente lorsqu'elle dépasse de plus de 10 dB à 14 dB le seuil d'audibilité. Avec la méthode du taux d'émergence, une composante tonale est définie comme *émergente* si la différence entre le niveau de la bande critique centrée sur la tonalité et le niveau moyen de la bande critique adjacente est égale ou supérieure 9 dB pour les fréquences de la tonalité égales ou supérieures à 1 000 Hz ou d'une quantité supérieure pour les fréquences plus basses. La référence [18] donne les bases de ces valeurs.

## D.3 Position microphonique

Si l'équipement possède un poste d'opérateur, les mesurages doivent être effectués à cette position. S'il existe plusieurs postes d'opérateur, les mesurages décrits ci-dessous doivent être effectués à celui où l'on observe le niveau de pression acoustique pondéré A le plus élevé.

Si l'équipement ne possède pas de poste d'opérateur, les mesurages doivent être effectués à la position de l'assistant où l'on observe le niveau de pression acoustique pondéré A le plus élevé et à toutes les autres positions d'assistant présentant des niveaux de pression acoustique pondérés A dans la limite de 0,5 dB du premier pour déterminer les rapports tonalité/bruit ou les taux d'émergence.

Lorsque les méthodes de la présente annexe doivent être appliquées à des sous-ensembles, le sous-ensemble doit être installé de la manière indiquée en 5.1.7 ou 8.5 et les mesurages doivent être faits à la position d'assistant où l'on observe le niveau de pression acoustique pondéré A le plus élevé et à toutes les autres positions d'assistant présentant des niveaux de pression acoustique pondérés A dans la limite de 0,5 dB du premier.

## D.4 Instrumentation

Un analyseur de transformée de Fourier rapide (FTT) capable de mesurer la densité spectrale de puissance du signal microphonique doit être utilisé pour les mesurages de la présente annexe.

Cet analyseur doit avoir des capacités de moyennage de la valeur efficace (moyennage linéaire plutôt qu'exponentiel), une fonction de fenêtre de Hanning dans le temps, une limite de fréquence supérieure suffisamment élevée pour permettre le calcul des grandeurs exigées ici pour le tonalité particulier étudié et une résolution de largeur de bande de fréquence inférieure à 1 % de la fréquence de la tonalité.

Le signal de sortie du microphone envoyé dans l'analyseur FFT doit respecter les exigences applicables aux tonalitomètres de classe 1 de la CEI 61672-1. Dans la mesure où les modes opératoires de la présente annexe incluent la possibilité de travailler directement sur les niveaux de pression acoustique, il convient que l'analyseur FFT (ou éventuellement le logiciel utilisé pour le traitement ultérieur des données du FFT) permette un étalonnage directement en termes de niveaux de pression acoustique, en décibels (référence 20  $\mu$ Pa).

Aucune fonction de pondération en fréquence (par exemple pondération A) ne doit être appliquée au signal d'entrée de l'analyseur.

L'analyse FFT doit permettre d'exploiter un nombre suffisant de moyennes pour avoir une durée d'analyse respectant les exigences de 8.7.2.

## D.5 Exigences d'audibilité

Il est recommandé de classer les composantes tonales discrètes comme émergentes si elles sont en fait audibles. Un examen initial à l'oreille du bruit émis par l'équipement en essai doit donc être fait à la position microphonique spécifiée dans les conditions suivantes :

- 1) si une ou plusieurs composantes tonales discrètes sont audibles, les modes opératoires spécifiés dans la présente annexe doivent être mis en œuvre pour chacune soit par la méthode du rapport tonalité/bruit, soit par la méthode du taux d'émergence. Si le critère d'émergence de D.7.5 ou de D.8.6 est respecté pour un tonalité particulier, ce tonalité est classé comme émergent ;
- 2) si aucun des tonalités n'est audible, il n'est pas nécessaire de procéder aux modes opératoires de la présente annexe et il est possible d'inclure dans le rapport une phrase du type « aucune composante tonale discrète audible » ou « aucune composante tonale discrète émergente » ;
- 3) au cas où un doute subsiste quant à savoir si des composantes tonales audibles sont présentes ou non (si par exemple le responsable de l'essai n'est pas un auditeur entraîné ou expérimenté), il convient de rechercher une autre preuve, plus objective. Il est recommandé de faire sur le bruit une analyse FFT préliminaire ou une analyse sur un spectre en bande étroite. Si le spectre indique que des composantes tonales audibles peuvent être présentes (c'est à dire qu'il présente des pics plus ou moins vifs), il convient de procéder à l'essai d'audibilité qui suit pour chaque composante potentielle. Il est recommandé de générer un signal sinusoïdal correspondant à la fréquence de la tonalité en question et de l'écouter, puis de comparer ce signal au bruit du produit en notant si un tonalité de même fréquence est audible dans les émissions sonores du produit. Si tel n'est pas le cas, il n'est pas besoin de mettre en œuvre les modes opératoires de la présente annexe et la composante tonale n'est pas classée comme « émergente ». Si la composante tonale est audible, elle est traitée comme dans le cas 1 ci-dessus.

## D.6 Largeurs de bande critiques

La largeur de la bande critique  $\Delta f_c$ , centrée sur une fréquence quelconque  $f_0$ , peut être calculée à partir de l'équation suivante [12] :

$$\Delta f_c = 25,0 \text{ Hz} + 75,0 \times [1,0 + 1,4 \times (f_0 / (1\ 000 \text{ Hz}))^2]^{0,69} \quad (\text{D.1})$$

(par exemple,  $\Delta f_c = 162,2 \text{ Hz}$  pour  $f_0 = 1\ 000 \text{ Hz}$  et  $\Delta f_c = 117,3 \text{ Hz}$  pour  $f_0 = 500 \text{ Hz}$ ).

Pour les besoins de la présente annexe, la bande critique est modélisée sous la forme d'un filtre rectangulaire idéal ayant une fréquence médiane  $f_0$ , une fréquence en limite inférieure de la bande  $f_1$  et une fréquence en limite supérieure de la bande  $f_2$ , où

$$f_2 - f_1 = \Delta f_c \quad (\text{D.2})$$

Pour  $f_0 \leq 500$  Hz, la bande critique correspond approximativement à celle d'un filtre à largeur de bande constante et les fréquences en limite de bande se calculent comme suit :

$$f_1 = f_0 - \Delta f_c / 2 \quad (D.3)$$

et

$$f_2 = f_0 + \Delta f_c / 2 \quad (D.4)$$

Pour  $f_0 > 500$  Hz, la bande critique correspond approximativement à celle d'un filtre à largeur de bande en pourcentage constant, où

$$f_0 = \sqrt{f_1 \times f_2} \quad (D.5)$$

et les fréquences en limite de bande se calculent à l'aide des Equations (D.2) et (D.5) comme suit :

$$f_1 = -\frac{\Delta f_c}{2} + \frac{\sqrt{(\Delta f_c)^2 + 4f_0^2}}{2} \quad (D.6)$$

et

$$f_2 = f_1 + \Delta f_c \quad (D.7)$$

NOTE Bien que l'Equation (D.1) de calcul de la largeur de bande critique soit bien connue et largement utilisée, les équations des fréquences en limite de bande correspondantes n'ont pas été formellement déterminées. Compte tenu toutefois du comportement de la bande critique au-dessus et en dessous de 500 Hz, il semble logique d'affecter les fréquences en limite de bande conformément aux équations ci-dessus. C'est ainsi que pour les filtres à largeur de bande constante, les fréquences en limite de bande supérieure et inférieure sont en progression arithmétique avec la fréquence centrale tandis que pour les filtres à largeur de bande en pourcentage constant, elles sont en progression géométrique.

## D.7 Méthode du rapport tonalité/bruit

### D.7.1 Mesurage avec un analyseur FFT

Pour déterminer la densité spectrale de puissance (ou le niveau de pression acoustique) du signal à la position de mesurage pour le ou les mêmes modes de fonctionnement et les mêmes conditions de mesurage qu'en 8.7 avec la fenêtre de Hanning pour le temps et le moyennage efficace (moyennage linéaire), il faut suivre les modes opératoires de l'analyseur FFT. Aucune pondération en fréquence (du type pondération A) ne doit être appliquée au signal fourni par l'analyseur FFT. L'analyse FFT doit exploiter un nombre suffisant de moyennes pour donner une durée d'analyse conforme aux exigences de 8.7.2. Il convient de procéder à une analyse avec un zoom sur la fréquence centrale de la bande examinée correspondant approximativement à la fréquence de la composante tonale discrète et avec une largeur de bande examinée au moins égale et de préférence plus grande que la largeur de la bande critique.

NOTE La densité spectrale de puissance d'un signal généralement calculée et affichée comme la valeur efficace (moyenne quadratique) d'une certaine grandeur (par exemple la moyenne quadratique de la tension par hertz ( $V^2/Hz$ ) ou la moyenne quadratique de la pression acoustique par hertz ( $Pa^2/Hz$ ) par rapport à la fréquence. Pour déterminer le rapport tonalité/bruit,  $\Delta L_T$ , les unités de mesure de la densité spectrale de puissance ne sont pas importantes et un étalonnage absolu de l'analyseur par rapport à une grandeur de référence (telle que 1 V ou 20  $\mu Pa$ ) est inutile. Un étalonnage de l'instrument en pascals carrés par hertz permettra toutefois d'obtenir facilement les grandeurs de niveau de pression acoustique. Les modes opératoires donnés dans la présente annexe partent de l'hypothèse d'un étalonnage et le texte est écrit en fonction de la « valeur quadratique de la pression acoustique » mais pour indiquer que n'importe quelle grandeur peut être utilisée, le symbole choisi est « X ».

### D.7.2 Détermination du niveau de la tonalité

La pression acoustique quadratique moyenne de la tonalité,  $X_t$ , (ou le niveau de pression acoustique de la tonalité,  $L_t$ ) est déterminée à partir du spectre FFT mesuré ci-dessus par calcul de la pression acoustique quadratique dans la bande étroite qui « définit » le tonalité. La largeur de cette bande de fréquence,  $\Delta f_t$ , en hertz, est égale au nombre de points de données discrets (« nombre de lignes ») inclus dans la bande multiplié par la résolution spectrale (« écartement des lignes »). Si la largeur de la bande de fréquence choisie pour le calcul de  $X_t$  ou  $L_t$  est supérieure à 15 % de la largeur de la bande critique centrée sur la fréquence de la tonalité, il convient de répéter l'analyse FFT sur une bande de largeur plus petite. Si tout au long de l'analyse FFT, la largeur de bande de la tonalité demeure supérieure à 15 % de la bande critique avec des largeurs de bandes de résolution plus faibles, cela peut indiquer que le tonalité n'a pas une fréquence stable ou être signe de quelque autre phénomène. Dans ce cas, il est possible de poursuivre le mode opératoire avec une largeur de bande de la tonalité, supérieure à 15 % de la bande critique.

Pour déterminer la pression acoustique quadratique de la tonalité (ou le niveau de pression acoustique de la tonalité) pour les composantes tonales multiples dans une même bande critique, voir D.7.6.

NOTE Il convient lors du choix de la largeur de bande  $\Delta f_t$  de veiller à délimiter soigneusement la composante tonale discrète, en particulier avec les modes opératoires automatisés. Si la bande est trop étroite, la pression acoustique quadratique (ou le niveau de pression acoustique de la tonalité) sera sous-estimé alors que la pression acoustique quadratique du bruit (voir D.7.3) sera surestimée. Si la bande est trop large, le bruit masquant ou les composantes tonales secondaires pourront être par erreur inclus dans les calculs de la tonalité et omis des calculs du bruit.

### D.7.3 Détermination du niveau du bruit masquant

Pour les besoins de la présente annexe, la pression acoustique quadratique du bruit masquant,  $X_n$ , (ou le niveau de pression acoustique du bruit masquant,  $L_n$ ) est la valeur déterminée par le mode opératoire suivant en deux étapes.

La première étape consiste à calculer la pression acoustique quadratique totale (ou le niveau de pression acoustique totale) dans la bande critique. La largeur de la bande critique est déterminée à l'aide de l'Equation (D.1) pour  $f_0$  égal à la fréquence de la tonalité étudié,  $f_t$ , et pour une fréquence en limite de bande inférieure  $f_1$  et une fréquence en limite de bande supérieure  $f_2$  données par les Equations (D.3) et (D.4) ou (D.6) et (D.7).

La pression acoustique quadratique totale de la bande critique,  $X_{tot}$ , (ou le niveau de pression acoustique totale de la bande critique,  $L_{tot}$ ) est calculée à partir du spectre de l'analyse FFT. Selon l'instrumentation utilisée, ce calcul peut se faire sur l'analyseur FFT lui-même en utilisant les curseurs de bande, sur un ordinateur externe avec le logiciel adéquat ou par un quelconque autre moyen. Dans tous les cas, la largeur de la bande de fréquence utilisée pour calculer cette valeur,  $\Delta f_{tot}$ , en hertz, est égale au nombre de points de données FFT discrets inclus dans la bande multiplié par la résolution spectrale.

La seconde étape consiste à calculer la pression acoustique quadratique moyenne du bruit masquant,  $X_n$  (ou le niveau de pression acoustique du bruit masquant,  $L_n$ ) à l'aide de l'équation :

$$X_n = (X_{tot} - X_t) \frac{\Delta f_c}{(\Delta f_{tot} - \Delta f_t)} \quad (D.8A)$$

$$\text{ou } L_n = 10 \lg \left( 10^{0,1L_{tot}} - 10^{0,1L_t} \right) + 10 \lg \left( \frac{\Delta f_c}{\Delta f_{tot} - \Delta f_t} \right) \text{ db} \quad (D.8B)$$

Pour la détermination de la pression acoustique quadratique moyenne du bruit masquant (ou du niveau de pression acoustique du bruit masquant) pour les composantes tonales multiples dans une bande critique, voir D.7.6.

NOTE L'Equation (D.8A) [ou l'Equation (D.8B)] tient compte à la fois du fait que la largeur de bande de l'analyseur FFT,  $\Delta f_{\text{tot}}$ , utilisée pour calculer  $X_{\text{tot}}$  (ou  $L_{\text{tot}}$ ) peut ne pas être exactement égale à la largeur de bande critique,  $\Delta f_c$ , et du fait que la pression acoustique quadratique moyenne calculée (pression  $(X_{\text{tot}} - X_t)$ , [ou le niveau de pression acoustique calculé,  $10 \lg (10^{0,1L_{\text{tot}}} - 10^{0,1L_t})$ ] n'inclut pas le bruit compris dans la bande  $\Delta f_c$ .

### D.7.4 Détermination du rapport tonalité/bruit

Le rapport tonalité/bruit,  $\Delta L_T$ , en décibels, est calculé comme suit :

$$\Delta L_T = 10 \lg \frac{X_t}{X_n} \tag{D.9A}$$

$$\text{ou } \Delta L_T = L_t - L_n \tag{D.9B}$$

Pour la détermination du rapport tonalité/bruit des composantes tonales multiples dans une bande critique, voir D.7.6.

### D.7.5 Critère des composantes tonales discrètes émergentes pour la méthode du rapport tonalité/bruit

Une composante tonale discrète est classée comme *émergente* par la méthode du rapport tonalité/bruit si :

$$\left\{ \begin{array}{ll} \Delta L_T \geq 8,0 \text{ dB} + 8,33 \times \lg (1\,000 \text{ Hz} / f_i) \text{ dB} & \text{si } 89,1 \text{ Hz} \leq f_i < 1\,000 \text{ Hz} \tag{D.10A} \\ \Delta L_T \geq 8,0 \text{ dB} & \text{si } 1\,000 \text{ Hz} \leq f_i \leq 11\,220 \text{ Hz} \tag{D.10B} \end{array} \right.$$

et si elle respecte l'exigence d'audibilité de D.5. Les critères des Equations (D.10A) et (D.10B) sont illustrés de façon graphique à la Figure D.4.

### D.7.6 Composantes tonales multiples dans une bande critique

Le bruit émis par une machine peut contenir des composantes tonales multiples dont plusieurs peuvent se trouver dans une même bande critique. Si une ou plusieurs de ces composantes sont audibles, le mode opératoire ci-dessus est suivi pour chacune avec les différences suivantes. La composante tonale de niveau de pression acoustique  $L_t$  le plus grand dans la bande critique est identifiée en tant que composante primaire et sa fréquence est notée  $f_p$ . Pour la bande critique centrée sur la composante primaire, la composante ayant le niveau de pression acoustique immédiatement inférieur est identifié en tant que composante secondaire et sa fréquence est notée  $f_s$ .

Si la composante secondaire est suffisamment proche en fréquence de la composante primaire, alors les deux sont perçues en tant que composante tonale discrète unique et l'émergence est déterminée en combinant leurs pressions acoustiques quadratiques moyennes (ou leurs niveaux de pression acoustique). Deux composantes tonales sont considérées comme suffisamment proches si leur séparation  $\Delta f_{s,p} = |f_s - f_p|$  est inférieure au critère de proximité défini ci-dessous [13] :

$$\Delta f_{\text{prox}} = 21 \times 10^{1,2 \times [ \lg(f_p / 212) ]} \text{ Hz, pour } 89,1 \text{ Hz} < f_p < 1\,000 \text{ Hz} \tag{D.11}$$

(par exemple,  $\Delta f_{\text{prox}} = 23,0 \text{ Hz}$  pour  $f_p = 150 \text{ Hz}$ ; et  $\Delta f_{\text{prox}} = 63,8 \text{ Hz}$  pour  $f_p = 850 \text{ Hz}$ ).

Si le critère de proximité  $\Delta f_{s,p} < \Delta f_{prox}$  est respecté, la pression acoustique quadratique moyenne de la composante secondaire,  $X_{t,s}$ , est, pendant le calcul de la pression acoustique quadratique moyenne de la composante tonale,  $X_t$ , ajoutée à la pression acoustique quadratique moyenne de la composante primaire,  $X_{t,p}$ , et soustraite de la pression acoustique quadratique moyenne totale,  $X_{tot}$ , avant de calculer le rapport tonalité/bruit  $\Delta L_T$ . Quand on travaille sur les niveaux de pression acoustique dans le cas considéré, le niveau de pression acoustique de la composante secondaire,  $L_{t,s}$ , est combiné, en énergie, au niveau de pression acoustique de la composante primaire,  $L_{t,p}$ , et soustraite, en énergie, du niveau de pression acoustique total du bruit,  $L_{tot}$ . Pour les fréquences tonales égales ou supérieures à 1 kHz, le critère de proximité,  $\Delta f_{prox}$  dépasse la moitié de la largeur de la bande critique et donc le critère est respecté, ce qui donne les équations :

$$X_t = (X_{t,p} + X_{t,s}) \quad (D.12A)$$

$$\text{ou } L_t = 10 \lg(10^{0,1L_{t,p}} + 10^{0,1L_{t,s}}) \text{ dB} \quad (D.12B)$$

et

$$X_n = [X_{tot} - (X_{t,p} + X_{t,s})] \times \left[ \frac{\Delta f_c}{\Delta f_{tot} - (\Delta f_{t,p} + \Delta f_{t,s})} \right] \quad (D.13A)$$

$$\text{ou } L_n = 10 \lg[10^{0,1L_{tot}} - (10^{0,1L_{t,p}} + 10^{0,1L_{t,s}})] + 10 \lg \frac{\Delta f_c}{\Delta f_{tot} - (\Delta f_{t,p} + \Delta f_{t,s})} \text{ dB} \quad (D.13B)$$

Avec les valeurs ci-dessus de  $X_n$  et  $X_t$ , (ou de  $L_n$  et  $L_t$ ), il est possible d'utiliser l'Equation (D.9) pour calculer le rapport tonalité/bruit.

Si le critère de proximité n'est pas respecté, les composantes tonales sont considérées comme perçues comme séparées et traitées individuellement. Dans ce cas, la pression acoustique quadratique moyenne de la composante secondaire est déduite de la pression acoustique quadratique moyenne du bruit masquant (mais par ailleurs ignorée, c'est à dire non ajoutée à la pression acoustique quadratique moyenne de la composante primaire) avant de calculer le rapport tonalité/bruit de cette dernière. Quand on travaille sur les niveaux de pression acoustique dans le cas considéré, le niveau de pression acoustique de la composante secondaire est soustraite, en énergie, du niveau de pression acoustique du bruit (mais par ailleurs ignoré, c'est à dire non combiné au niveau de pression acoustique de la composante primaire) avant de calculer le rapport tonalité/bruit de cette dernière. Dans ce cas, l'Equation (D.13A) (ou l'Equation (D.13B)) s'applique directement pour  $X_n$  (ou pour  $L_n$ ), mais la pression acoustique quadratique moyenne de la tonalité est pris comme  $X_t = X_{t,p}$  (ou bien le niveau de pression acoustique de la tonalité est pris uniquement comme  $L_t = 10 \lg(10^{0,1L_{t,p}})$  dB. Avec cette valeur de  $X_t$ , pour  $X_n$  de l'équation (D.13A) (ou cette valeur de  $L_t$ , pour  $L_n$  de l'Equation (D.13B)), il est possible d'utiliser l'Equation (D.9) pour calculer le rapport tonalité/bruit de la composante tonale primaire.

NOTE Lorsque le critère de proximité n'est pas respecté et qu'il faut calculer le rapport tonalité/bruit pour la composante secondaire individuellement, il est possible de répéter le mode opératoire ci-dessus en considérant la composante secondaire comme une composante primaire. La bande critique est alors centrée sur cette composante et toutes les grandeurs sont recalculées.

### D.7.7 Tonalités complexes contenant des harmoniques (méthode du rapport tonalité/bruit)

Bien que les composantes tonales discrètes produites en laboratoire puissent être des sinusoides pures, la plupart des composantes tonales discrètes que contient le bruit émis par les machines et équipements réels n'en sont pas. Le spectre FFT en tant que tel va généralement présenter une série de composantes tonales (appelées harmoniques ou partielles) à des multiples entiers de certaines fréquences fondamentales. En général la fondamentale est la composante la plus forte mais ce n'est pas toujours le cas. Pour les besoins de la présente annexe, chacune des composantes tonales de la série d'harmoniques qui respecte l'exigence d'audibilité de D.5 doit être évaluée indépendamment.

D.7.8 Exemples (méthode du rapport tonalité/bruit)

La Figure D.1 indique comment analyser un tonalité unique dans une bande critique par la méthode du rapport tonalité/bruit. La Figure D.2 montre comment utiliser la méthode du rapport tonalité/bruit lorsque des tonalités multiples coexistent dans une bande critique.

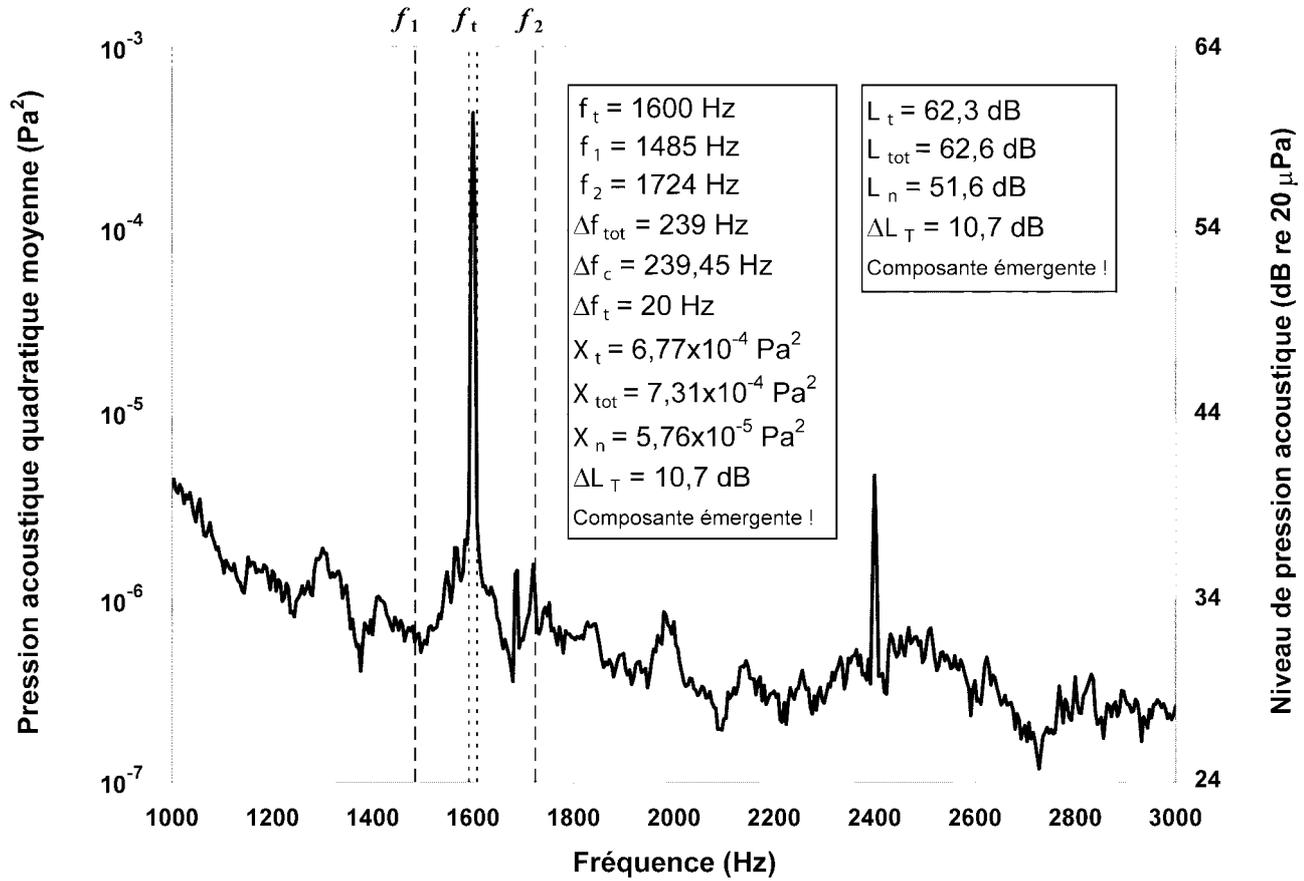


Figure D.1 — Méthode du rapport tonalité/bruit appliqué à une tonalité unique dans une bande critique

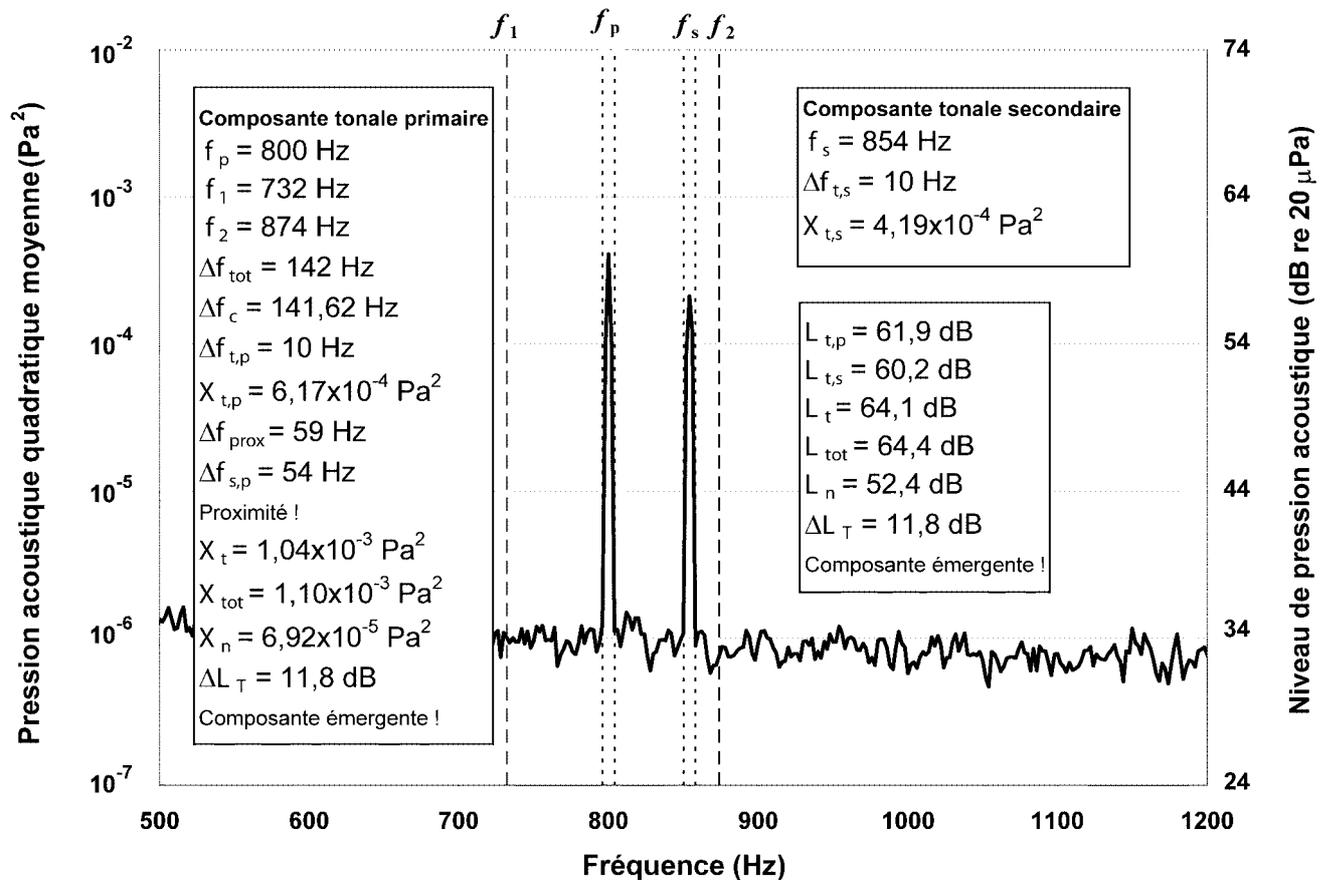


Figure D.2 — Méthode du rapport tonalité/bruit appliqué à des tonalités multiples dans une bande critique

## D.8 Méthode du taux d'émergence

### D.8.1 Mesurage à l'aide d'un analyseur FFT

Pour déterminer la densité spectrale de puissance (ou le niveau de pression acoustique) du signal à la position de mesurage dans les mêmes modes de fonctionnement et les mêmes conditions de mesurage qu'en 8.7, avec la fenêtre de Hanning et le moyennage quadratique (moyennage linéaire), il faut suivre les modes opératoires de l'analyseur FFT. L'analyse FFT doit exploiter un nombre suffisant de moyennes pour donner une durée d'analyse conforme aux exigences de 8.7.2. Il convient de procéder à une analyse avec un zoom sur la fréquence centrale de la bande examinée correspondant approximativement à la fréquence de la composante tonale discrète et avec une largeur de bande examinée au moins égale et de préférence plus grande que la largeur de la bande critique.

NOTE La densité spectrale de puissance est généralement calculée et affichée comme la valeur efficace (moyenne quadratique) d'une certaine grandeur (par exemple la moyenne quadratique de la tension par hertz ( $V^2/\text{Hz}$ ) ou la moyenne quadratique de la pression acoustique par hertz ( $\text{Pa}^2/\text{Hz}$ ) par rapport à la fréquence. Pour déterminer le rapport tonalité/bruit,  $\Delta L_p$ , les unités de mesure de la densité spectrale de puissance ne sont pas importantes et un étalonnage absolu de l'analyseur par rapport à une grandeur de référence (telle que 1 V ou 20  $\mu\text{Pa}$ ) est inutile. Un étalonnage de l'instrument en pascals carrés par hertz permettra toutefois d'obtenir facilement les grandeurs de niveau de pression acoustique. Les modes opératoires donnés dans la présente annexe partent de l'hypothèse d'un étalonnage et le texte est écrit en fonction de la « valeur quadratique de la pression acoustique » mais pour indiquer que n'importe quelle grandeur peut être utilisée, le symbole choisi est «  $X$  ».

### D.8.2 Détermination du niveau de la bande critique médiane

La pression acoustique quadratique moyenne de la bande critique médiane  $X_M$ , est définie comme la pression acoustique quadratique moyenne totale contenue dans la bande critique centrée sur le tonalité étudié. Lorsqu'on travaille avec des niveaux de pression acoustique, cette grandeur devient le niveau de pression acoustique de la bande critique médiane,  $L_M$ . La largeur de la bande critique médiane,  $\Delta f_M$ , ainsi que les fréquences des limites de bande inférieure et supérieure,  $f_{1,M}$  et  $f_{2,M}$  sont déterminées à partir des relations de D.6 pour  $f_0$  défini comme égal à la fréquence de la tonalité étudié,  $f_t$ . Les fréquences de limite de bande deviennent alors :

Pour  $f_t \leq 500$  Hz :

$$f_{1,M} = f_t - \Delta f_M / 2 \tag{D.14}$$

et

$$f_{2,M} = f_t + \Delta f_M / 2 \tag{D.15}$$

Pour  $f_t > 500$  Hz :

$$f_{1,M} = -\frac{\Delta f_M}{2} + \frac{\sqrt{(\Delta f_M)^2 + 4f_t^2}}{2} \tag{D.16}$$

et

$$f_{2,M} = f_{1,M} + \Delta f_M \tag{D.17}$$

(par exemple.,  $f_{1,M} = 922,2$  Hz et  $f_{2,M} = 1084,4$  Hz quand  $f_t = 1\ 000$  Hz).

La valeur de  $X_M$  (ou la valeur de  $L_M$ ) est déterminée à partir du spectre FFT par un encadrement des points de données se situant entre  $f_{1,M}$  et  $f_{2,M}$  et le calcul de la pression acoustique quadratique moyenne de la bande critique médiane (ou du niveau de pression acoustique de la bande critique médiane). Selon l'instrumentation utilisée, ce calcul peut se faire sur l'analyseur FFT lui-même en utilisant les curseurs de bande, sur un ordinateur externe avec le logiciel adéquat ou par un quelconque autre moyen.

### D.8.3 Détermination du niveau de la bande critique inférieure

La pression acoustique quadratique moyenne de la bande critique inférieure,  $X_L$ , se définit comme la pression acoustique quadratique moyenne totale contenue dans la bande critique immédiatement en dessous de la bande critique médiane définie en D.8.2 et contiguë à cette dernière. Lorsqu'on travaille avec des niveaux de pression acoustique, cette grandeur devient le niveau de pression acoustique de la bande critique inférieure,  $L_L$ . Les relations de D.6 régissent cette bande critique inférieure de fréquence centrale  $f_{0,L}$ , de largeur  $\Delta f_L$ , et de fréquences de limite de bande inférieure et supérieure  $f_{1,L}$  et  $f_{2,L}$ , respectivement. Dans la mesure où cette bande critique inférieure doit être contiguë à la bande critique médiane, il s'ensuit que  $f_{2,L} = f_{1,M}$ . Cependant, comme  $f_{0,L}$  n'est pas connu *a priori*, les Equations de D.6 ne peuvent pas être utilisées directement pour déterminer la valeur de  $f_{1,L}$ , et une méthode itérative sera ordinairement utilisée. Pour les besoins de la présente annexe, la valeur de  $f_{1,L}$  doit être calculée à l'aide de l'Equation (D.18) qui découle d'une solution itérative par ajustement des courbes.

$$f_{1,L} = C_0 + C_1 \times f_t + C_2 \times f_t^2 \tag{D.18}$$

où

Tableau D.1 — Paramètres de calcul de  $f_{1,L}$ 

Domaine de fréquence	$C_0$	$C_1$	$C_2$
$f_t \leq 171,4$ Hz	20,0	0,0	0,0
$171,4$ Hz $< f_t \leq 1600$ Hz	-149,5	1,001	$-6,90 \times 10^{-5}$
$1600$ Hz $< f_t$	6,8	0,806	$-8,20 \times 10^{-6}$

Pour les fréquences sonores inférieures à 171,4 Hz, le calcul de la fréquence de limite de bande inférieure pour la bande critique inférieure donne moins de 20 Hz, ce qui est la limite inférieure acceptable de l'audition humaine. Dans ce cas, la fréquence de limite de bande inférieure doit être fixée à 20 Hz (de façon que la bande utilisée pour la détermination de  $X_L$  s'étende de 20 Hz à  $f_{2,L}$ ). La largeur de cette bande inférieure,  $\Delta f_L$ , sera alors inférieure à la largeur de la bande critique vraie, ce dont tient compte la détermination du taux d'émergence (voir D.8.5).

La valeur de  $X_L$  (ou la valeur de  $L_L$ ) est déterminée à partir du spectre FFT par un encadrement des points de données se situant entre  $f_{1,L}$  et  $f_{2,L}$  et le calcul de la pression acoustique quadratique moyenne de la bande critique inférieure (ou du niveau de pression acoustique de la bande critique inférieure). Selon l'instrumentation utilisée, ce calcul peut se faire sur l'analyseur FFT lui-même en utilisant les curseurs de bande, sur un ordinateur externe avec le logiciel adéquat ou par un quelconque autre moyen. Il convient de veiller à ce que la bande critique inférieure et la bande critique médiane ne se chevauchent pas dans le calcul, c'est à dire que les points de données FFT les plus proches de la limite de bande soient affectés très clairement à l'une ou l'autre bande mais pas aux deux.

#### D.8.4 Détermination du niveau de la bande critique supérieure

La pression acoustique quadratique moyenne de la bande critique supérieure,  $X_U$ , se définit comme la pression acoustique quadratique moyenne totale contenue dans la bande critique immédiatement au-dessus de la bande critique médiane définie en D.8.2 et contiguë à cette dernière (Lorsqu'on travaille avec des niveaux de pression acoustique, cette grandeur devient le niveau de pression acoustique de la bande critique supérieure,  $L_U$ ). Les relations de D.6 régissent cette bande critique supérieure de fréquence centrale  $f_{0,U}$ , de largeur  $\Delta f_U$ , et de fréquences de limite de bande inférieure et supérieure  $f_{1,U}$  et  $f_{2,U}$ , respectivement. Dans la mesure où cette bande critique supérieure doit être contiguë de la bande critique médiane, il s'ensuit que  $f_{1,U} = f_{2,M}$ . Cependant, comme  $f_{0,U}$  n'est pas connu a priori, les Equations de D.6 ne peuvent pas être utilisées directement pour déterminer la valeur de  $f_{2,U}$ , et une méthode itérative sera ordinairement utilisée. Pour les besoins de la présente annexe, la valeur de  $f_{2,U}$  doit être calculée à l'aide de l'Equation (D.19) qui découle d'une solution itérative par ajustement des courbes.

$$f_{2,U} = D_0 + D_1 \times f_t + D_2 \times f_t^2 \quad (\text{D.19})$$

où

Tableau D.2 — Paramètres de calcul de  $f_{2,U}$ 

Domaine de fréquence	$D_0$	$D_1$	$D_2$
$f_t$ Hz $\leq 1600$ Hz	149,5	1,035	$7,70 \times 10^{-5}$
$1600$ Hz $< f_t$	3,3	1,215	$2,16 \times 10^{-5}$

La valeur de  $X_U$  (ou la valeur de  $L_U$ ) est déterminée à partir du spectre FFT par un encadrement des points de données se situant entre  $f_{1,U}$  et  $f_{2,U}$  et le calcul de la pression acoustique quadratique moyenne de la bande critique supérieure (ou du niveau de pression acoustique de la bande critique supérieure). Selon l'instrumentation utilisée, ce calcul peut se faire sur l'analyseur FFT lui-même en utilisant les curseurs de bande, sur un ordinateur externe avec le logiciel adéquat ou par un quelconque autre moyen. Il convient de veiller à ce que la bande critique supérieure et la bande critique médiane ne se chevauchent pas dans le calcul, c'est à dire que les points de données FFT les plus proches de la limite de bande soient affectés très clairement à l'une ou l'autre bande mais pas aux deux.

### D.8.5 Détermination du taux d'émergence

Le taux d'émergence,  $\Delta L_P$  en décibels, se calcule comme suit (pour les fréquences tonales supérieures à 171,4 Hz) :

$$\Delta L_P = 10 \lg \left[ \frac{X_M}{(X_L + X_U) \times 0,5} \right] \text{ dB pour } f_i > 171,4 \text{ Hz} \quad (\text{D.20A})$$

Si l'on travaille avec les niveaux de pression acoustique, l'équation ci-dessus devient :

$$\Delta L_P = 10 \lg (10^{0,1L_M}) - 10 \lg [(10^{0,1L_L} + 10^{0,1L_U}) \times 0,5] \quad \text{dB si } f_i > 171,4 \text{ Hz} \quad (\text{D.20B})$$

Pour les fréquences sonores inférieures ou égales à 171,4 Hz, la bande critique inférieure est tronquée (voir D.8.3) de sorte que sa largeur est inférieure à celle qui serait calculée à l'aide de l'Equation (D.1). Pour calculer le taux d'émergence à des fréquences sonores inférieures 171,4 Hz, le niveau dans la bande inférieure est normalisé à une largeur de bande de 100 Hz (largeur d'une bande critique entière à ces fréquences), de sorte que les équations ci-dessus sont modifiées comme suit :

$$\Delta L_P = 10 \lg \left[ \frac{X_M}{[X_L \times (100 / \Delta f_L)] + X_U} \times 0,5 \right] \text{ dB pour } f_i \leq 171,4 \text{ Hz} \quad (\text{D.21A})$$

ou, si l'on travaille avec les niveaux de pression acoustique :

$$\Delta L_P = 10 \lg (10^{0,1L_M}) \text{ dB} - 10 \lg \left\{ \left[ \frac{100}{\Delta f_L} \times 10^{0,1L_L} + 10^{0,1L_U} \right] \times 0,5 \right\} \text{ dB pour } f_i \leq 171,4 \text{ Hz} \quad (\text{D.21B})$$

### D.8.6 Critère de composante tonale discrète émergente pour la méthode du taux d'émergence

Une composante tonale discrète est classée comme *émergente* selon la méthode du taux d'émergence si :

$$\left\{ \begin{array}{ll} \Delta L_T \geq 9,0 \text{ dB} + 10 \times \lg (1\,000 \text{ Hz} / f_i) \text{ dB} & \text{si } 89,1 \text{ Hz} \leq f_i < 1\,000 \text{ Hz} \quad (\text{D.22A}) \\ \Delta L_T \geq 9,0 \text{ dB} & \text{si } 1\,000 \text{ Hz} \leq f_i \leq 11\,220 \text{ Hz} \quad (\text{D.22B}) \end{array} \right.$$

et si la composante discrète respecte l'exigence d'audibilité de D.5. Les critères des Equations (D.22A) et (D.22B) are sont illustrés sous forme graphique à la Figure D.4.

### D.8.7 Tonalités complexes contenant des harmoniques (méthode du taux d'émergence)

Bien que les composantes tonales discrètes produites en laboratoire puissent être des sinusoïdes pures, la plupart de celles que contient le bruit émis par les machines et équipements réels n'en sont pas. Le spectre FFT en tant que tel va généralement présenter une série de composantes tonales (appelées harmoniques ou partielles) à des multiples entiers de certaines fréquences fondamentales. En général la fondamentale est la composante la plus forte mais ce n'est pas toujours le cas. Pour les besoins de la présente annexe, chacune des composantes tonales de la série d'harmoniques qui respecte l'exigence d'audibilité de D.5 doit être évaluée indépendamment.

### D.8.8 Exemple (méthode du taux d'émergence)

La méthode du taux d'émergence est illustrée de façon graphique à la Figure D.3. Le taux d'émergence a été calculé selon D.8.5 et trouvé égal à  $\Delta L_p = 12,1$  dB pour la composante tonale 1 600 Hz. Le résultat dépassant 9,0 dB, ce qui est le critère de taux d'émergence à 1 600 Hz, cette composante est classée comme *émergente*.

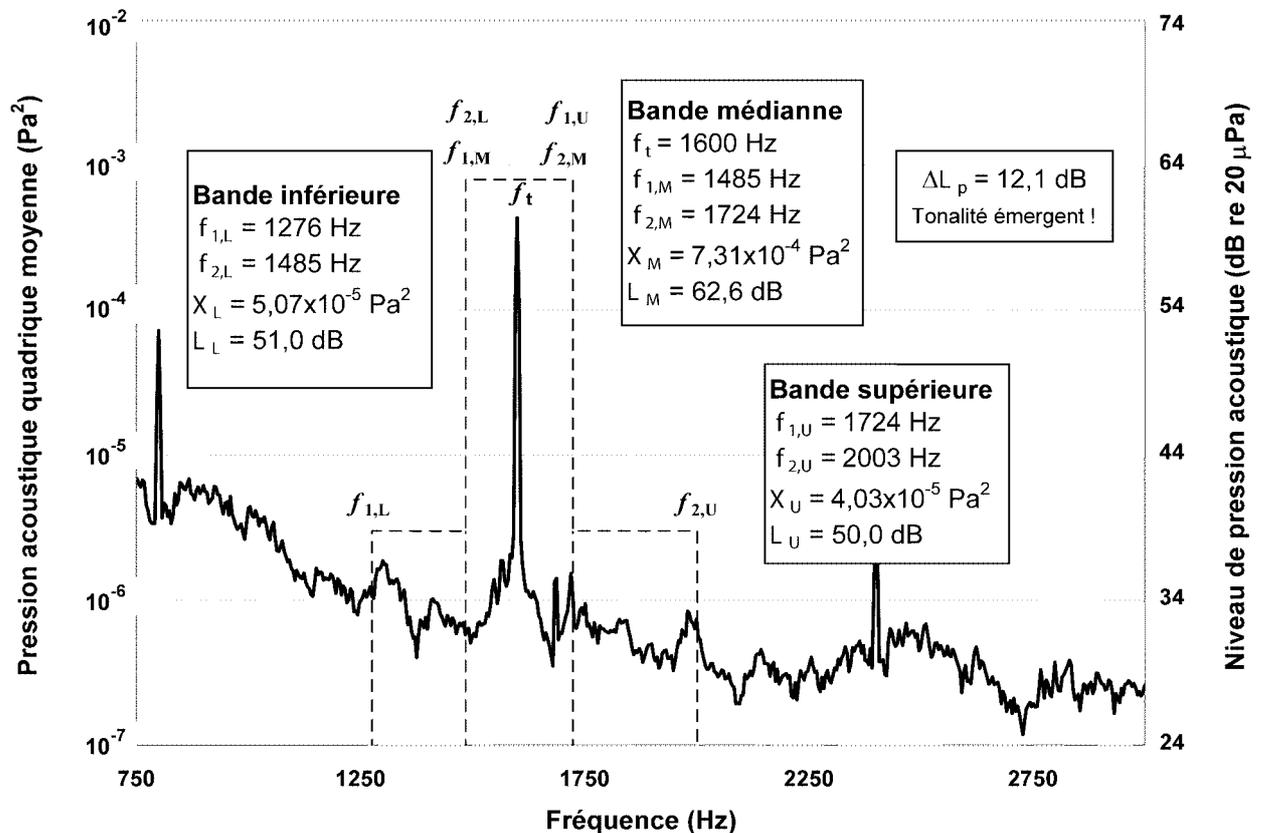


Figure D.3 — Illustration de la méthode du taux d'émergence pour l'identification des composantes tonales émergentes

### D.9 Information à consigner pour les composantes tonales discrètes émergentes

Pour chaque composante tonale discrète identifiée comme émergente conformément à la présente annexe, les informations suivantes doivent être consignées :

- 1) la fréquence sonore,  $f_b$ , en hertz ;
- 2) la méthode employée pour évaluer le tonalité (D.7 rapport tonalité/bruit ou D.8 taux d'émergence) ;
- 3) en cas d'utilisation de la méthode du rapport tonalité/bruit, le rapport tonalité/bruit,  $\Delta L_T$  en décibels ; en cas d'utilisation de la méthode du taux d'émergence, le taux d'émergence,  $\Delta L_P$  en décibels ;
- 4) si les émissions de bruit étudiées comprennent plusieurs composantes tonales identifiées comme émergentes, la fréquence de chacune, et soit  $\Delta L_T$  soit  $\Delta L_P$  pour chacune.

NOTE Il peut être utile de consigner le niveau de pression acoustique pondéré A de la composante tonale émergente.

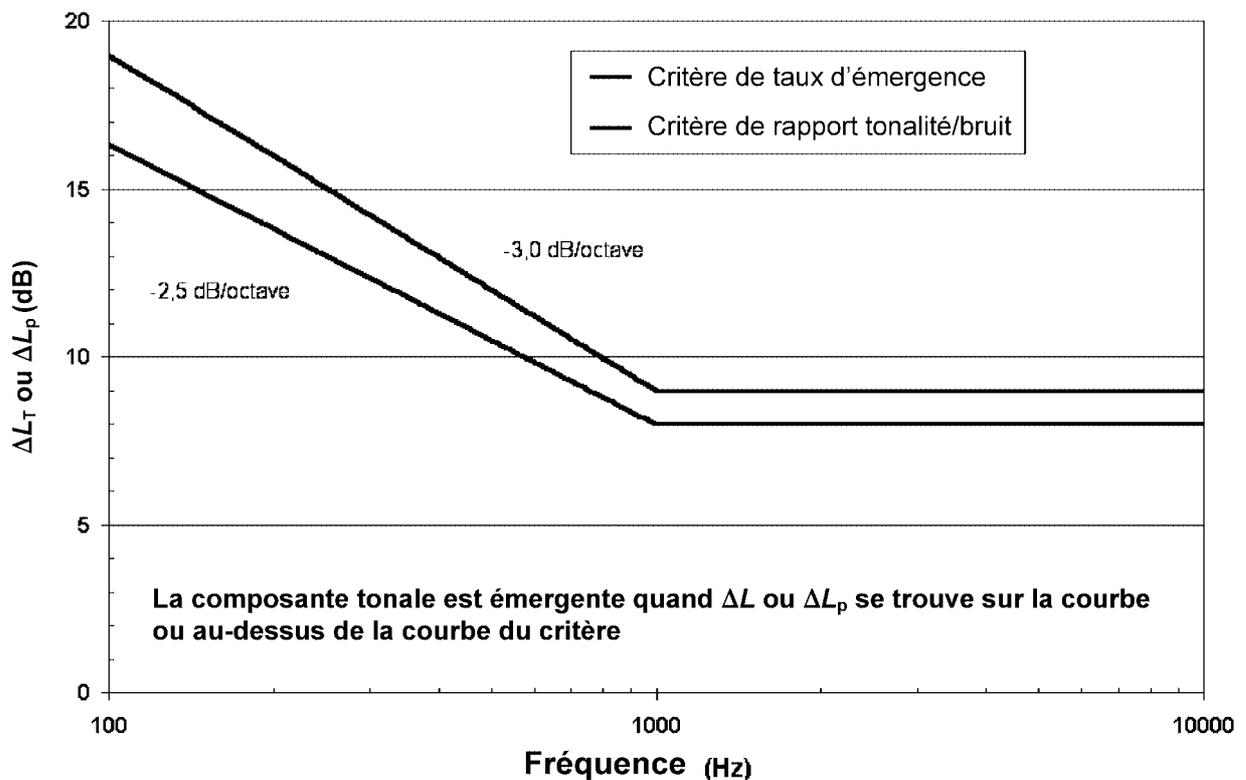


Figure D.4 — Critères d'émergence en fonction de la fréquence pour la méthode du rapport tonalité/bruit (D.7.5) et la méthode du taux d'émergence (D.8.6)

Page 61, Bibliographie

Ajouter les références suivantes :

- [10] ECMA-108 *Measurement of High-frequency Noise emitted by Information technology and Telecommunications Equipment* (<http://www.ecma-international.org/>)
- [11] ECMA-109 *Declared Noise Emission Values of Information Technology and Telecommunications Equipment* (<http://www.ecma-international.org/>)
- [12] Dunens, E.K., *Measurement of the sound power emitted by small sound sources with a reduced radius hemispherical surface*, INTER-NOISE 2002, N374, 2002
- [13] Xu, Y., Liu, Y., Oliver, D. and Parker, J., *Evaluation of smaller hemispheric measurement surface for sound power measurement of very quiet hard disk drives*, INTER-NOISE 2002, N278, 2002
- [14] Baugh, E. and Green, K., *Numerical and experimental investigations for hard disk drive sound power level measurements in hemi-anechoic rooms*, INTER-NOISE 2002, N422, 2002
- [15] Nobile, M.A., Shaw, J.A., *The cylindrical microphone array for measuring sound power levels of noise sources*, Proceedings of INTER-NOISE 99, 1535-1540, 1999
- [16] Nobile, M.A., Donald, B. and Shaw, J.A., *The cylindrical microphone array: A proposal for use in international standards for sound power level measurements*, Proceedings of NOISE-CON 2000 (CD ROM), 1PNSc2, 2000
- [17] Nobile, M.A., Shaw, J.A. and Boyes, R.A., *The cylindrical microphone array for the measurement of sound power level: Number and arrangement of microphones*, Proceedings of Inter-Noise 2002 (CD-ROM), N318, 2002
- [18] Hellweg, R. D. and Nobile, M. A., *Modification to procedures for determining prominent discrete tones*, INTER-NOISE 2002, N473, 2002

ICS

English Version

**Acoustics - Measurement of airborne noise emitted by  
information technology and telecommunications equipment -  
Amendment 2 (ISO 7779:2001/DAM 2:2006)**

Acoustique - Mesurage du bruit aérien émis par les  
équipements liés aux technologies de l'information et aux  
télécommunications - Amendement 2 (ISO 7779:2001/DAM  
2:2006)

This draft amendment is submitted to CEN members for parallel enquiry. It has been drawn up by the Technical Committee CEN/TC 211.

This draft amendment A2, if approved, will modify the European Standard EN ISO 7779:2001. If this draft becomes an amendment, CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for inclusion of this amendment into the relevant national standard without any alteration.

This draft amendment was established by CEN in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the Management Centre has the same status as the official versions.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom.

Recipients of this draft are invited to submit, with their comments, notification of any relevant patent rights of which they are aware and to provide supporting documentation.

**Warning** : This document is not a European Standard. It is distributed for review and comments. It is subject to change without notice and shall not be referred to as a European Standard.



EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION  
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION  
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

**Management Centre: rue de Stassart, 36 B-1050 Brussels**

## **Foreword**

This document (EN ISO 7779:2001/prA2:2006) has been prepared by Technical Committee ISO/TC 43 "Acoustics" in collaboration with Technical Committee CEN/TC 211 "Acoustics", the secretariat of which is held by DS.

This document is currently submitted to the parallel Enquiry.

## **Endorsement notice**

The text of ISO 7779:2001/DAM2:2006 has been approved by CEN as EN ISO 7779:2001/prA2:2006 without any modifications.



## DRAFT AMENDMENT ISO 7779:1999/DAmD 2

ISO/TC 43/SC 1

Secretariat: DS

Voting begins on:  
2006-03-09

Voting terminates on:  
2006-08-09

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION • МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ • ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

### Acoustics — Measurement of airborne noise emitted by information technology and telecommunications equipment

#### AMENDMENT 2: Revision of measurement surfaces, procedures for equipment installation/operation and identification of prominent discrete tones

*Acoustique — Mesurage du bruit aérien émis par les équipements liés aux technologies de l'information et aux télécommunications*

*AMENDEMENT 2: Révision des surfaces de mesure, de l'installation/fonctionnement de l'équipement et de l'identification des composantes tonales émergentes*

ICS 17.140.20; 35.020

#### ISO/CEN PARALLEL ENQUIRY

The CEN Secretary-General has advised the ISO Secretary-General that this ISO/DIS covers a subject of interest to European standardization. **In accordance with the ISO-lead mode of collaboration as defined in the Vienna Agreement, consultation on this ISO/DIS has the same effect for CEN members as would a CEN enquiry on a draft European Standard.** Should this draft be accepted, a final draft, established on the basis of comments received, will be submitted to a parallel two-month FDIS vote in ISO and formal vote in CEN.

**In accordance with the provisions of Council Resolution 15/1993 this document is circulated in the English language only.**

**Conformément aux dispositions de la Résolution du Conseil 15/1993, ce document est distribué en version anglaise seulement.**

**To expedite distribution, this document is circulated as received from the committee secretariat. ISO Central Secretariat work of editing and text composition will be undertaken at publication stage.**

**Pour accélérer la distribution, le présent document est distribué tel qu'il est parvenu du secrétariat du comité. Le travail de rédaction et de composition de texte sera effectué au Secrétariat central de l'ISO au stade de publication.**

THIS DOCUMENT IS A DRAFT CIRCULATED FOR COMMENT AND APPROVAL. IT IS THEREFORE SUBJECT TO CHANGE AND MAY NOT BE REFERRED TO AS AN INTERNATIONAL STANDARD UNTIL PUBLISHED AS SUCH.

IN ADDITION TO THEIR EVALUATION AS BEING ACCEPTABLE FOR INDUSTRIAL, TECHNOLOGICAL, COMMERCIAL AND USER PURPOSES, DRAFT INTERNATIONAL STANDARDS MAY ON OCCASION HAVE TO BE CONSIDERED IN THE LIGHT OF THEIR POTENTIAL TO BECOME STANDARDS TO WHICH REFERENCE MAY BE MADE IN NATIONAL REGULATIONS.

**PDF disclaimer**

This PDF file may contain embedded typefaces. In accordance with Adobe's licensing policy, this file may be printed or viewed but shall not be edited unless the typefaces which are embedded are licensed to and installed on the computer performing the editing. In downloading this file, parties accept therein the responsibility of not infringing Adobe's licensing policy. The ISO Central Secretariat accepts no liability in this area.

Adobe is a trademark of Adobe Systems Incorporated.

Details of the software products used to create this PDF file can be found in the General Info relative to the file; the PDF-creation parameters were optimized for printing. Every care has been taken to ensure that the file is suitable for use by ISO member bodies. In the unlikely event that a problem relating to it is found, please inform the Central Secretariat at the address given below.

**Copyright notice**

This ISO document is a Draft International Standard and is copyright-protected by ISO. Except as permitted under the applicable laws of the user's country, neither this ISO draft nor any extract from it may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means, electronic, photocopying, recording or otherwise, without prior written permission being secured.

Requests for permission to reproduce should be addressed to either ISO at the address below or ISO's member body in the country of the requester.

ISO copyright office  
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20  
Tel. + 41 22 749 01 11  
Fax + 41 22 749 09 47  
E-mail [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Reproduction may be subject to royalty payments or a licensing agreement.

Violators may be prosecuted.

## Foreword

ISO (the International Organization for Standardization) is a worldwide federation of national standards bodies (ISO member bodies). The work of preparing International Standards is normally carried out through ISO technical committees. Each member body interested in a subject for which a technical committee has been established has the right to be represented on that committee. International organizations, governmental and non-governmental, in liaison with ISO, also take part in the work. ISO collaborates closely with the International Electrotechnical Commission (IEC) on all matters of electrotechnical standardization.

International Standards are drafted in accordance with the rules given in the ISO/IEC Directives, Part 2.

The main task of technical committees is to prepare International Standards. Draft International Standards adopted by the technical committees are circulated to the member bodies for voting. Publication as an International Standard requires approval by at least 75 % of the member bodies casting a vote.

Amendment 2 to ISO 7779:1999 was prepared by Technical Committee ISO/TC 43, *Acoustics*, Subcommittee SC 1, *Noise*.



## Acoustics — Measurement of airborne noise emitted by information technology and telecommunications equipment

### AMENDMENT 2: Revision of measurement surfaces, procedures for equipment installation/operation and identification of prominent discrete tones

*Page 2: Normative references*

Replace ISO 3745:1977 by:

ISO 3745:2003, *Acoustics — Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure — Precision methods for anechoic and hemi-anechoic rooms*

Delete the following:

ISO 10302:1996, *Acoustics — Methods for the measurement of airborne noise emitted by small air-moving devices*

Add the following:

ISO 389-7:2005, *Acoustics — Reference zero for the calibration of audiometric equipment — Part 7: Reference threshold of hearing under free-field and diffuse-field listening conditions*

IEC 61672-1:2002, *Electroacoustics - Sound level meters – Part 1: Specifications*

ECMA-74:2005, *Measurement of airborne noise emitted by information technology and telecommunications equipment*

*Page 7: 5.1.7*

Replace the existing 5.1.7 as follows:

#### **5.1.7 Sub-assemblies**

A sub-assembly shall be supported  $0,25\text{ m} \pm 0,03\text{ m}$  above the reflecting plane by vibration-isolating elements. If a hemispherical measurement surface is used with any radius less than 1 m but at least 0,5 m, the sub-assembly test height shall be reduced to  $0,125\text{ m}^{+0,003\text{ m}}_{-0,005\text{ m}}$ . The supports shall not interfere with the propagation of airborne sound.

*Page 15: 7.6.1*

Replace the first paragraph of the existing 7.6.1 and the following NOTES, as follows:

**7.6.1 General**

Except as specified in Annex B, the requirements of ISO 3744:1994 or ISO 3745:2003 shall be followed as applicable. For information technology and telecommunications equipment, the preferred measurement surfaces are hemispherical and are described in Annex B of ISO 3744:1994. The conditions of Clause 5 above shall however be followed. The number and location of the microphone positions shall be as specified in Annexes B or C of ISO 3744:1994, or in Annexes D, E, F or G of ISO 3745:2003, as applicable, except as specified in Annex B of this International Standard.

NOTE 1 In some cases, for example when small equipment emits relatively low sound power levels, it may be helpful to use a smaller hemispherical surface with a radius of at least 0,5 m. To minimize near field effects, the 0,5 m radius would have a corresponding lower frequency limit of approximately 172 Hz.

NOTE 2 B.2 defines a cylindrical measurement surface as an alternative to the parallelepiped surface in ISO 3744:1994.

Replace the existing Annex B as follows:

## Annex B (normative)

### Measurement surfaces

#### B.1 Hemispherical surface

Refer to ISO 3744 for the requirements for microphone locations and geometry of the hemispherical measurement surface and microphone array, supplemented by the following recommendations:

- a) When using fixed microphone positions, it is recommended that the microphone positions given in ISO 3744 for sources emitting discrete tones be used for all sources. The coordinates for this array are reproduced below in Table B.1.
- b) When using the coaxial circular paths arrangement specified in ISO 3744, it is recommended that a minimum of 10 heights be used.

Other acceptable alternatives are described in Annexes D, E, F, and G of ISO 3745:2003.

**Table B.1 — Co-ordinates of microphone positions for equipment emitting discrete tones**

Position	$x/r$	$y/r$	$z/r$
1	0,16	- 0,96	0,22
2	0,78	- 0,60	0,20
3	0,78	0,55	0,31
4	0,16	0,90	0,41
5	- 0,83	0,32	0,45
6	- 0,83	- 0,40	0,38
7	- 0,26	- 0,65	0,71
8	0,74	- 0,07	0,67
9	- 0,26	0,50	0,83
10	0,10	- 0,10	0,99

For small equipment, a hemispherical surface with a radius of at least 0,5 m may be used. To minimize the near field effects, the 0,5 m radius would have a corresponding lower frequency limit of approximately 172 Hz (based on a requirement of one quarter of the wavelength of sound at the lowest frequency of interest). Additional information is given in references [12], [13] and [14].

## B.2 Cylindrical surface

### B.2.1 General

Figure B.1 illustrates the cylindrical measurement surface, having microphones located along the side and top of the cylinder. The cylinder shall be centred around the reference box with the centre of the cylinder's base corresponding to the centre of the reference box base. The dimensions of the reference box,  $l_1$ ,  $l_2$ , and  $l_3$ , and the reference distances to the cylinder,  $d_1$ ,  $d_2$ , and  $d_3$  are as shown. For the purposes of this annex, the dimensional labels shall be assigned so that  $l_1 \geq l_2$ . All dimensions are in metres.

NOTE The cylindrical measurement surface stated here or similar one will also be a part of forthcoming version of ISO 3744.

### B.2.2 Selection of size of cylindrical surface

The microphone positions lie on the measurement surface, a hypothetical cylindrical surface enveloping the source and having a total area  $S$  equal to the sum of the area of the top circular surface,  $S_{top}$ , and the area of the side vertical surface,  $S_{side}$ . The radius of the cylinder is  $R = l_1/2 + d_1 = l_2/2 + d_2$  and the height of the cylinder is  $H = l_3 + d_3$ . The area of the top surface of the cylinder is  $S_{top} = \pi R^2$  and the area of the vertical side surface is  $S_{side} = 2\pi RH$ . Due to the fact that the microphones are associated with unequal sub-areas, both  $d_3$  and  $d_1$  may be selected arbitrarily based on the size of the machine under test or other considerations. It is recommended that both of these be set to the same value, preferably 1 m, but neither shall be less than 0,5 m. Furthermore, none of the distances  $d_1$ ,  $d_2$ , or  $d_3$  shall be greater than 1,5 times either of the others (e.g., this condition will be met for  $d_1$  and  $d_2$  provided  $d_1 \geq l_1 - l_2$ ). With  $d_3$  and  $d_1$  selected,  $H$  and  $R$  are defined and  $d_2$  defaults to  $d_2 = R - l_2/2$ .

### B.2.3 Selection of microphone positions on the cylindrical surface

The microphones on the cylindrical measurement surface are associated with unequal sub-areas, as described below. It is strongly recommended that continuous paths (circular traverses) be used for the microphones. However, if fixed microphone positions are used to sample over the circular traverses, at least 12 equally-spaced angular positions (i.e., at 30-degree spacing or less) shall be used. The traverses may be implemented by either rotating the microphones keeping the source stationary, or rotating the source keeping the microphones stationary.

The following requirements govern the number of side microphones,  $N_{side}$ , and the number of top microphones,  $N_{top}$ , and the associated sub-areas: (1)  $N_{side} \geq H/0,5$  (to achieve adequate vertical sampling by limiting spacing to 1/2-metre or less); (2) as a minimum,  $N_{side} \geq 4$  (for relatively short sources); and (3)  $N_{top} \geq N_{side}/2$ .

The vertical side microphones are associated with equal sub-areas and positioned such that the  $i$ -th microphone is  $h_i = (I - 1/2)H/N_{side}$  from the floor. The sound pressure level averaged over the side surface is:

$$\overline{L_{p,side}} = 10 \lg \left[ \frac{1}{N_{side}} \sum_{i=1}^{N_{side}} 10^{0,1L_{pi}} \right] \text{ dB} \quad (\text{B.1})$$

The top microphones are associated with unequal sub-areas,  $S_j$ , and are spaced equally along the radius of the top surface. The radius of the  $j$ -th sub-area is  $R_j = jR/N_{top}$ , and the position of each top microphone is  $r_j = R_{j-1} + (R_j - R_{j-1})/2$  for  $j > 1$ , and  $r_1 = R_1/2$ . The sound pressure level averaged over the top surface is:

$$\overline{L_{p,top}} = 10 \lg \left[ \frac{1}{S_{top}} \sum_{j=1}^{N_{top}} S_j 10^{0,1L_{p,j}} \right] \text{ dB} \quad (\text{B.2})$$

where  $S_j = \pi(R_j^2 - R_{j-1}^2)$  for  $j > 1$ , and  $S_1 = \pi R_1^2$ .

Figure B.2 illustrates an example of the cylindrical microphone array for 5 vertical side microphones and 4 top microphones.

#### B.2.4 Calculation of the average sound pressure level over the cylindrical surface

The sound pressure level averaged over the cylindrical measurement surface is given by:

$$\overline{L_p} = 10 \lg \frac{1}{S} \left[ S_{\text{top}} 10^{0,1 \overline{L_{p,\text{top}}}} + S_{\text{side}} 10^{0,1 \overline{L_{p,\text{side}}}} \right] \text{ dB} \quad (\text{B.3})$$

where  $S = S_{\text{top}} + S_{\text{side}}$  and  $\overline{L_{p,\text{top}}}$  and  $\overline{L_{p,\text{side}}}$  are given above.

NOTE The quantity  $\overline{L_p}$  in Equation (B.3) corresponds to either  $\overline{L'_p}$  or  $\overline{L''_p}$  in 8.1 of ISO 3744:1944, depending on whether the measurement is of the source or of the background noise, respectively.

Additional details about the cylindrical surface can be found in references [15], [16] and [17] in the Bibliography.

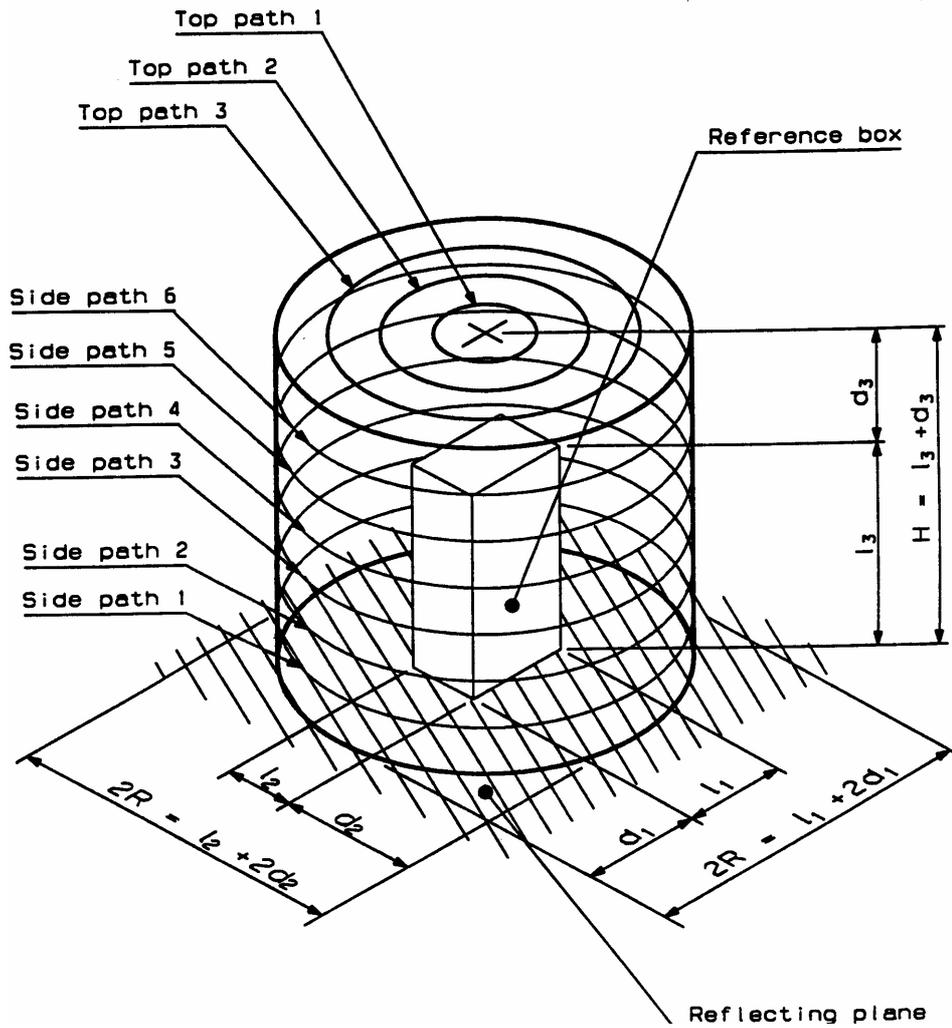
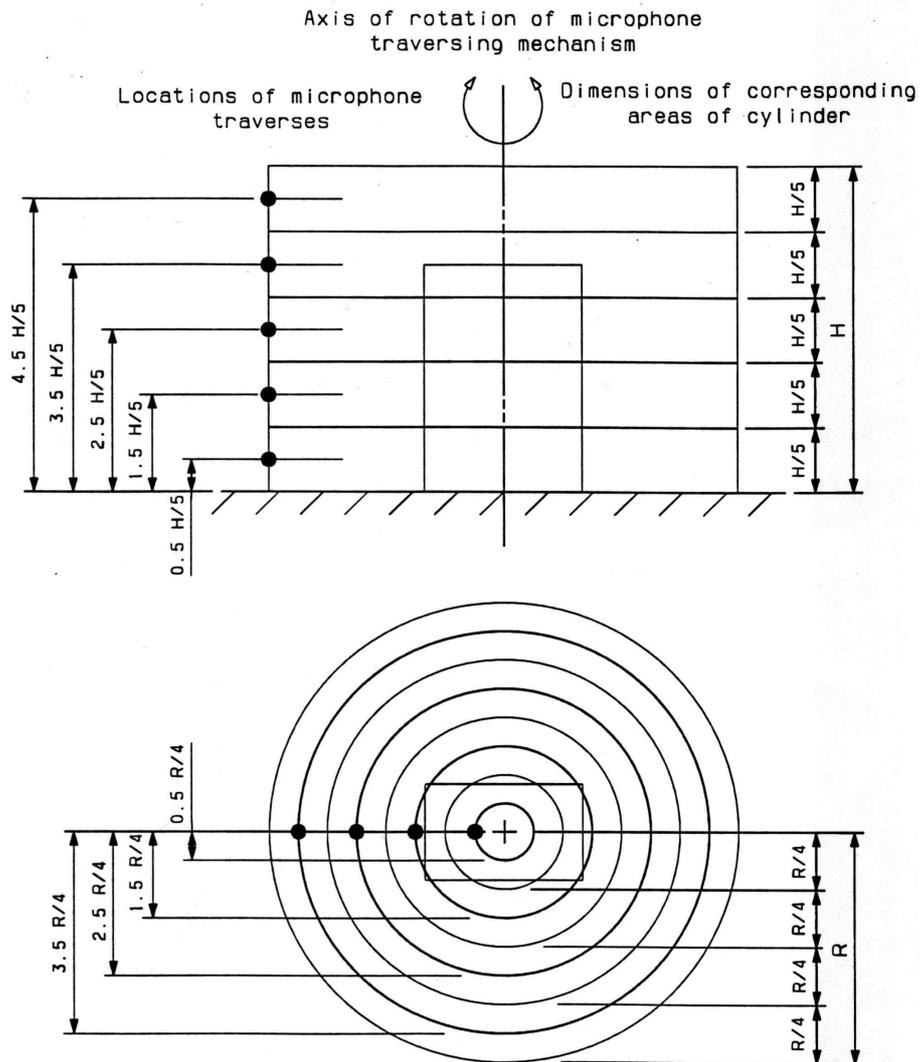


Figure B.1 — Illustration of the cylindrical measurement surface and cylindrical microphone array. Shown are the side and top circular microphone traverses for a configuration of 6 side microphones and 3 top microphones.

**E** Example for  $N_{side} = 5$ ,  $N_{top} = 4$



NOTE: The paths are selected so that the radial distance between each path is the same.

**Figure B.2 — Cylindrical measurement surface and microphone array showing an arrangement using 5 side microphones and 4 top microphones**

Page 30: Annex C

Replace the existing Annex C as follows:

**Annex C**  
(normative)

**Installation and operating conditions for specific equipment categories**

This annex specifies installation and operating conditions for many specific categories of equipment by reference to Annex C of ECMA-74:2005, which gives details of acoustic noise emission measurement.

During testing of such equipment, the conditions shall be satisfied in order to comply with this International Standard. When possible, the conditions specified in the annex referred are considered to be typical of average end use. They are specified with a view to facilitate the operation of the equipment and to enhance the reliability of the acoustical measurements.

For the purposes of compliance to this International Standard, all the requirements stated in Annex C of ECMA-74:2005 are also mandatory. However, references to ECMA-108[10] and ECMA-109[11] in the annex shall be replaced by those to ISO 9295 and ISO 9296 respectively.

For categories of equipment not covered in the annex, the actual test conditions used shall be described and justified in the test report.

Page 55: Annex D

Replace the existing Annex D as follows:

## Annex D (informative)

### Identification and evaluation of prominent discrete tones

#### D.1 Scope

This annex describes two procedures for determining whether or not noise emissions contain prominent discrete tones: the tone-to-noise ratio method and the prominence ratio method.

Discrete tones occurring at any frequency within the one-third octave bands having centre frequencies from 100 Hz to 10 000 Hz may be evaluated by the procedures in this annex (i.e., tones between 89,1 Hz and 11 220 Hz inclusive).

For test environment, all requirements of 8.3 shall be satisfied. For the purpose of this annex, however, no correction for background noise,  $K_1$  as well as that for test environment,  $K_2$  shall be applied.

NOTE 1 Since some ITTE products emit discrete tones in the 16 KHz octave band, the tone-to-noise ratio or the prominence ratio may be computed for these tones according to the procedures in this annex in an attempt to quantify their relative levels. However, the prominence criteria in either D.7.5 or D.8.6 can not be applied, since there is no supporting psychoacoustical data on such high-frequency tones.

Declaration of product noise emissions in accordance with ISO 9296 offers the option of stating whether or not there are prominent discrete tones in the noise emissions of a product, as determined by this annex. Other standards, or other test codes relating to products besides information technology and telecommunications equipment, may also refer to this annex for the declaration of prominent tones. For the purposes of such declarations, either the tone-to-noise ratio method or the prominence ratio method may be used, unless otherwise specified in the standard or test code.

NOTE 2 The tone-to-noise ratio method may prove to be more accurate for multiple tones in adjacent critical bands, for example when strong harmonics exist. The prominence ratio method may be more effective for multiple tones within the same critical band, and is more readily automated to handle such cases.

#### D.2 Psychoacoustical background

A discrete tone which occurs together with broadband noise is partially masked by that part of the noise contained in a relatively narrow frequency band, called the critical band, that is centred at the frequency of the tone. Noise at frequencies outside the critical band does not contribute significantly to the masking effect. The width of a critical band is analytically expressed as a function of frequency (see D.6) In general, a tone is just audible in the presence of noise when the sound pressure level of the tone is roughly 2 dB to 6 dB, depending on frequency, below the sound pressure level of the masking noise contained in the critical band centred around the tone. This is sometimes referred to as the threshold of detectability. For the purposes of this annex, a discrete tone is classified as *prominent* when using the tone-to-noise ratio method if the sound pressure level of the tone exceeds the sound pressure level of the masking noise in the critical band by 8 dB for tone frequencies of 1 000 Hz and higher, and by a greater amount for tones at lower frequencies. This corresponds, in general, to a tone being prominent when it is more than 10 dB to 14 dB above the threshold of detectability. When using the prominence ratio method, a tone is classified as *prominent* if the difference between the level of the critical band centred on the tone and the average level of the adjacent critical bands is equal to or greater than 9 dB for tone frequencies of 1 000 Hz and higher, and by a greater amount for tones at lower frequencies. Reference [18] provides the basis for these values.

### D.3 Microphone position

If the equipment has an operator position, the measurements shall be performed at the operator position. If there is more than one operator position, the measurements described below shall be performed at the operator position with the highest A-weighted sound pressure level.

If the equipment has no operator position, the measurements shall be performed at the bystander position with the highest A-weighted sound pressure level and at all other bystander positions having A-weighted sound pressure levels within 0,5 dB of it to determine the tone-to-noise ratios or prominence ratios.

When the methods of this annex are to be applied to sub-assemblies, the sub-assembly shall be installed as in either 5.1.7 or 8.5 and the measurements shall be performed at the bystander position with the highest A-weighted sound pressure level and at all other bystander positions having A-weighted sound pressure levels within 0,5 dB of this one.

### D.4 Instrumentation

A digital Fast Fourier Transform (FFT) analyzer capable of measuring the power spectral density of the microphone signal shall be used for the measurements of this annex.

The analyzer must have rms averaging (linear averaging, rather than exponential averaging) capabilities, a Hanning time window function, an upper frequency limit high enough to allow computing the quantities required herein for the particular tone under investigation, and a frequency bandwidth resolution less than one percent of the frequency of the tone.

The microphone output signal fed to an FFT analyzer shall meet the requirements for class 1 sound level meters stated in IEC 61672-1. Because the procedures of this annex include the option of working directly in terms of sound pressure levels, the FFT analyzer (or, alternatively, the software used for post-processing of the FFT data) should allow calibration directly in terms of sound pressure levels in decibels (reference 20  $\mu$ Pa).

No frequency weighting function (e.g., A-weighting) shall be applied to the analyzer input signal.

The FFT analysis shall use a sufficient number of averages to provide an analysis time satisfying 8.7.2.

### D.5 Audibility requirement

Discrete tones should only be classified as prominent if they are, in fact, audible. Therefore, an initial aural examination of the noise emitted from the equipment under test shall be made at the specified microphone position, with the following cases applied.

- 1) If one or more discrete tones are audible, then the measurement procedures of this annex for either the tone-to-noise ratio or prominence ratio, or both, shall be carried out for each audible tone. If the criterion for prominence in either D.7.5 or D.8.6 is met for a particular tone, the tone is classified as *prominent*;
- 2) If no tones are audible, the procedures of this annex need not be carried out and a statement such as "no audible discrete tones" or "no prominent discrete tones" may be included in the report;
- 3) If there is doubt as to whether or not audible tones are present (e.g., if the test engineer is not a trained or experienced listener), then other, more objective evidence should be sought. It is recommended that a preliminary FFT or other narrow-band spectrum be taken of the noise. If the spectrum indicates that audible tones may be present (i.e., if it shows one or more sharp spikes), then the following audibility test should be performed for each potential tone. A sinusoidal signal corresponding to the frequency of the tone in question should be generated and listened to, and compared to the noise from the product, noting whether or not a tone at the same frequency is audible in the product noise emissions. If it is not, then the procedures of this annex need not be carried out for the tone; it is not audible and would not be classified as "prominent". If the tone is audible, it is treated as in case 1 above.

## D.6 Critical bandwidths

The width of the critical band  $\Delta f_c$ , centred at any frequency  $f_0$ , can be calculated from the following equation [12]:

$$\Delta f_c = 25,0 \text{ Hz} + 75,0 \times [1,0 + 1,4 \times (f_0 / (1000 \text{ Hz}))^2]^{0,69} \quad (\text{D.1})$$

(for example,  $\Delta f_c = 162,2 \text{ Hz}$  for  $f_0 = 1\,000 \text{ Hz}$  and  $\Delta f_c = 117,3 \text{ Hz}$  for  $f_0 = 500 \text{ Hz}$ ).

For the purposes of this annex, the critical band is modelled as an ideal rectangular filter with centre frequency  $f_0$ , lower band-edge frequency  $f_1$ , and upper band-edge frequency  $f_2$ , where

$$f_2 - f_1 = \Delta f_c. \quad (\text{D.2})$$

For  $f_0 \leq 500 \text{ Hz}$ , the critical band approximates a constant-bandwidth filter, and the band-edge frequencies are computed as follows:

$$f_1 = f_0 - \Delta f_c / 2 \quad (\text{D.3})$$

and

$$f_2 = f_0 + \Delta f_c / 2 \quad (\text{D.4})$$

For  $f_0 > 500 \text{ Hz}$ , the critical band approximates a constant-percentage bandwidth filter, where

$$f_0 = \sqrt{f_1 \times f_2} \quad (\text{D.5})$$

and the band-edge frequencies are computed from Equations (D.2) and (D.5) as follows:

$$f_1 = -\frac{\Delta f_c}{2} + \frac{\sqrt{(\Delta f_c)^2 + 4f_0^2}}{2} \quad (\text{D.6})$$

and

$$f_2 = f_1 + \Delta f_c \quad (\text{D.7})$$

**NOTE** Although Equation (D.1) for the width of the critical band is well-known and widely used, equations for the corresponding band-edge frequencies have not formally been derived. Given the behaviour of the critical band below and above 500 Hz, however, the assignment of the band-edge frequencies according to the above equations seems to be logical. That is, for constant-bandwidth filters, the lower and upper band-edge frequencies are arithmetically related to the centre frequency, whereas for constant-percentage bandwidth filters, they are geometrically related.

## D.7 Tone-to-noise ration method

### D.7.1 Measurement using FFT analyzer

The operating procedures for the FFT analyzer shall be followed to acquire the power spectral density (or sound pressure level) of the signal at the measurement position, for the same mode(s) of operation and measurement conditions as used for the measurements in 8.7, employing the Hanning time window and rms averaging (linear averaging). No frequency weighting, such as A-weighting, shall be applied to the signal fed to the FFT analyzer. The FFT analysis shall use a sufficient number of averages to provide an analysis time satisfying 8.7.2. Zoom analysis should be used with the centre frequency of the zoom band corresponding,

approximately, to the frequency of the discrete tone, and the width of the zoom band at least equal to, and preferably slightly greater than, the width of the critical band.

NOTE The power spectral density of a signal is usually calculated and displayed as a mean-square value of some quantity as a function of frequency (e.g., a mean-square voltage per hertz ( $V^2/Hz$ ) or a mean-square sound pressure per hertz ( $Pa^2/Hz$ ), versus frequency). For the purposes of determining the tone-to-noise ratio,  $\Delta L_T$ , the units of the measured power spectral density are not important, and absolute calibration of the analyzer to some reference quantity (such as 1 V or 20  $\mu Pa$ ) is unnecessary. However, calibration of the instrument in units of pascals-squared per hertz will enable sound pressure level quantities to be readily obtained. The procedures in this annex assume this calibration and the text is written in terms of the "mean-square sound pressure", but to indicate that any quantity may be used, the symbol has been chosen as "X".

**D.7.2 Determination of tone level**

The mean-square sound pressure of the tone,  $X_t$ , (or the tone sound pressure level,  $L_t$ ) is determined from the FFT spectrum measured above by computing the mean-square sound pressure in the narrow band that "defines" the tone. The width of this frequency band,  $\Delta f_t$ , in hertz, is equal to the number of discrete data points ("the number of lines") included in the band, times the resolution bandwidth ("line spacing"). If the width of the frequency band selected for the purpose of computing  $X_t$  or  $L_t$  is greater than 15% of the width of the critical band centred at the frequency of the tone, the FFT analysis should be repeated with a smaller resolution bandwidth. If the tone bandwidth remains greater than 15% of the critical band through repeated FFT analyses with smaller resolution bandwidths, it may indicate that the tone is not steady in frequency, or some other phenomenon. In this case, the following procedure may proceed with the tone bandwidth greater than 15% of the critical band.

For the determination of the mean-square sound pressure of the tone (or tone sound pressure level) for multiple tones in a single critical band see D.7.6.

NOTE Care should be taken when selecting the bandwidth  $\Delta f_t$  to delineate the discrete tone, especially when automated procedures are being used. If the band is too narrow, the mean-square sound pressure of the tone (or the tone sound pressure level) will be underestimated and the mean-square sound pressure of the noise (see D.7.3) will be overestimated. If the band is too wide, masking noise or secondary tones may be erroneously included with the tone computations and omitted from the noise computation.

**D.7.3 Determination of masking noise level**

For the purposes of this annex, the mean-square sound pressure of the masking noise,  $X_n$ , (or the masking noise sound pressure level,  $L_n$ ) is taken as the value determined using the following two-step procedure.

The first step is to compute the total mean-square sound pressure (or the total sound pressure level) in the critical band. The width of the critical band is determined from Equation (D.1) with  $f_0$  set equal to the frequency of the tone under investigation,  $f_t$ , and with lower band-edge frequency  $f_1$  and upper band-edge frequency  $f_2$  as given in Equation (D.3) and Equation (D.4) or Equation (D.6) and Equation (D.7).

From the FFT spectrum, the total mean-square sound pressure of the critical band,  $X_{tot}$ , (or the total sound pressure level of the critical band,  $L_{tot}$ ) is computed. Depending on the particular instrumentation used, this may be performed on the FFT analyzer itself using band cursors, on an external computer using appropriate software, or by some other means. In any event, the width of the frequency band used to compute this value,  $\Delta f_{tot}$ , in hertz, is equal to the number of discrete FFT data points included in the band times the resolution bandwidth.

The second step is to calculate the masking noise mean-square sound pressure,  $X_n$  (or the masking noise sound pressure level,  $L_n$ ) from the following equation:

$$X_n = (X_{tot} - X_t) \frac{\Delta f_c}{(\Delta f_{tot} - \Delta f_t)} \tag{D.8A}$$



If the proximity criterion  $\Delta f_{s,p} < \Delta f_{prox}$  is met, then the mean-square sound pressure of the secondary tone,  $X_{t,s}$ , is added to the mean-square sound pressure of the primary tone,  $X_{t,p}$ , when calculating the mean-square sound pressure of the tone,  $X_t$ , and subtracted from the total mean-square sound pressure,  $X_{tot}$ , before calculating the tone-to-noise ratio  $\Delta L_T$ . When working with sound pressure levels for this case, the sound pressure level of the secondary tone,  $L_{t,s}$ , is combined on an energy basis with the sound pressure level of the primary tone,  $L_{t,p}$ , and subtracted on an energy basis from the total sound pressure level of the noise,  $L_{tot}$ . For tone frequencies equal to or higher than 1 kHz, the proximity spacing,  $\Delta f_{prox}$  exceeds half the width of the critical band, so the criterion is always met. Thus, in equation form:

$$X_t = (X_{t,p} + X_{t,s}) \tag{D.12A}$$

$$\text{or } L_t = 10 \lg \left( 10^{0,1L_{t,p}} + 10^{0,1L_{t,s}} \right) \text{ dB}, \tag{D.12B}$$

and

$$X_n = \left[ X_{tot} - (X_{t,p} + X_{t,s}) \right] \times \left[ \frac{\Delta f_c}{\Delta f_{tot} - (\Delta f_{t,p} + \Delta f_{t,s})} \right] \tag{D.13A}$$

$$\text{or } L_n = 10 \lg \left[ 10^{0,1L_{tot}} - (10^{0,1L_{t,p}} + 10^{0,1L_{t,s}}) \right] + 10 \lg \frac{\Delta f_c}{\Delta f_{tot} - (\Delta f_{t,p} + \Delta f_{t,s})} \text{ dB} \tag{D.13B}$$

With the above values for  $X_n$  and  $X_t$ , (or  $L_n$  and  $L_t$ ), Equation (D.9) is used to compute the tone-to-noise ratio.

If the proximity criterion is not met, then the tones are considered to be perceived as separate tones and are treated individually. In this case, the mean-square sound pressure of the secondary tone is removed from the mean-square sound pressure of the masking noise (but otherwise ignored; i.e., not added to the mean-square value of the primary tone) before calculating the tone-to-noise ratio of the primary tone. When working with sound pressure levels for this case, the sound pressure level of the secondary tone is subtracted on an energy basis from the sound pressure level of the noise (but otherwise ignored; i.e., not combined with the sound pressure level of the primary tone) before calculating the tone-to-noise ratio of the primary tone. In this case, either Equation (D.13A) (or Equation (D.13B)) applies directly for  $X_n$  (or  $L_n$ ), but the mean-square sound pressure of the tone is taken as  $X_t = X_{t,p}$  [or, the tone sound pressure level is taken solely as  $L_t = 10 \lg(10^{0,1L_{t,p}})$  dB]. With this value for  $X_t$ , with  $X_n$  from Equation (D.13A) (or this value of  $L_t$ , with  $L_n$  from Equation (D.13B)), Equation (D.9) is used to compute the tone-to-noise ratio for the primary tone.

NOTE When the proximity criterion is not met and it is desired to compute the tone-to-noise ratio for the secondary tone individually, then the above procedure may be repeated with the secondary tone considered as the primary tone. The critical band is then centred on this tone, with all quantities being recomputed.

**D.7.7 Complex tones containing harmonic components (tone-to-noise ratio method)**

Although laboratory-generated discrete tones may be pure sinusoids, most of the discrete tones that occur in the noise emissions from real machinery and equipment are not. As such, the FFT spectrum will generally show a series of tonal components (called harmonics or partials) at integral multiples of some fundamental frequency. Usually the fundamental is the strongest component, but this is not always the case. For the purposes of this annex, each tonal component in the harmonic series which meets the audibility requirement of D.5 shall be evaluated independently.

**D.7.8 Example (tone-to-noise ratio method)**

Figure D.1 shows how a single tone in a critical band is analyzed using the tone-to-noise ratio method. Figure D.2 shows how the tone-to-noise ratio method is used when multiple tones exist in a critical band.

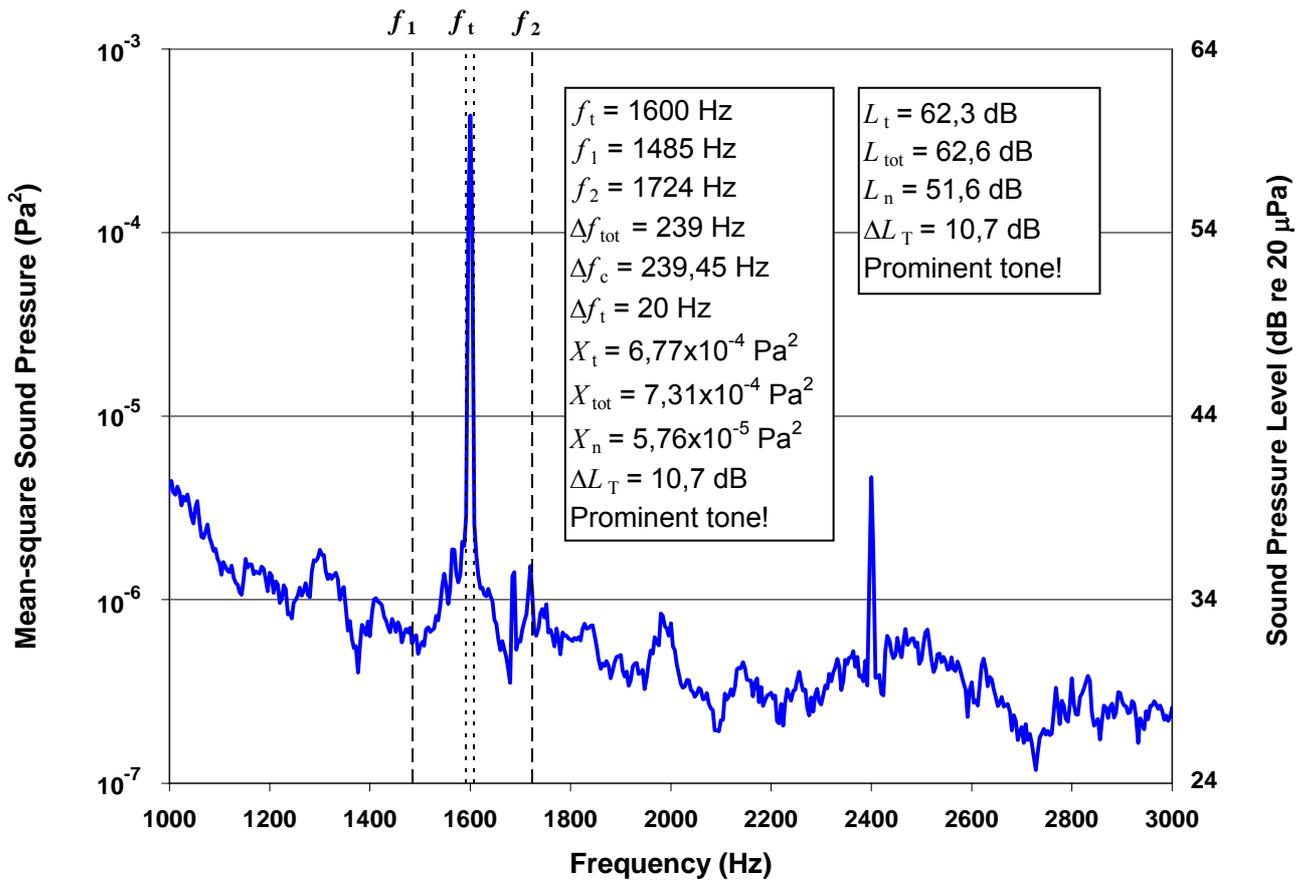


Figure D.1 — Tone-to-noise ratio method applied to a single tone in a critical band

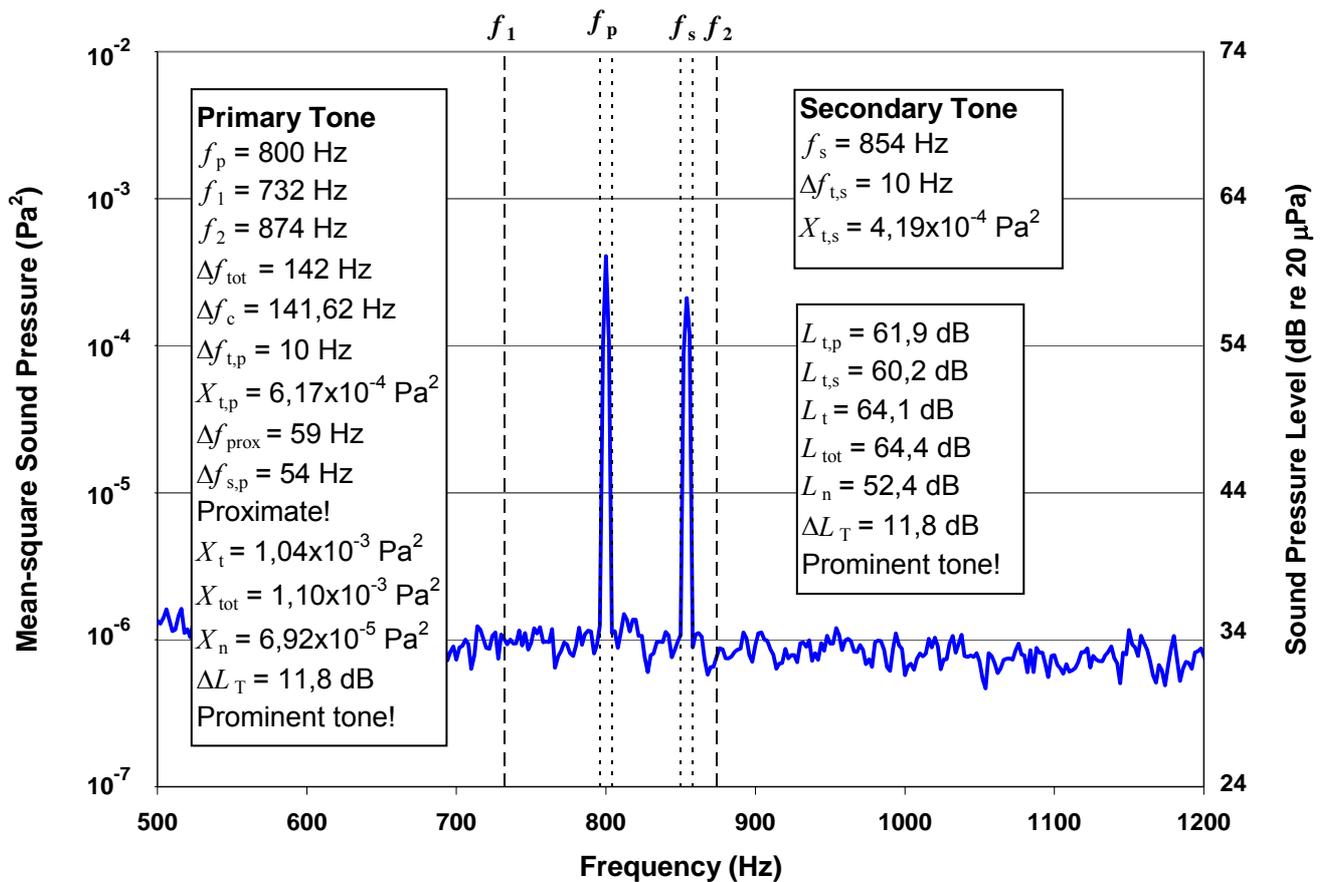


Figure D.2 — Tone-to-noise ratio method applied to multiple tones in a critical band

## D.8 Prominence ration method

### D.8.1 Measurement using FFT analyzer

The operating procedures for the FFT analyzer shall be followed to acquire the power spectral density (or sound pressure level) of the signal at the measurement position, for the same mode(s) of operation and measurement conditions as used for the measurements in 8.7, employing the Hanning time window and rms averaging (linear averaging). No frequency weighting, such as A-weighting, shall be applied to the signal fed to the FFT analyzer. The FFT analysis shall use a sufficient number of averages to provide an analysis time satisfying 8.7.2. Zoom analysis should be used with the centre frequency of the zoom band corresponding, approximately, to the frequency of the discrete tone, and the width of the zoom band equal to about 4 times the width of the critical band.

NOTE The power spectral density of a signal is usually calculated and displayed as a mean-square value of some quantity as a function of frequency (e.g., a mean-square voltage per hertz ( $V^2/Hz$ ) or a mean-square sound pressure per hertz ( $Pa^2/Hz$ ), versus frequency). For the purposes of determining the prominence ratio,  $\Delta L_p$ , the units of the measured power spectral density are not important, and absolute calibration of the analyzer to some reference quantity (such as 1 V or 20  $\mu Pa$ ) is unnecessary. However, calibration of the instrument in units of pascals-squared per hertz will enable sound pressure level quantities to be readily obtained. The procedures in this annex assume this calibration and the text is written in terms of the "mean-square sound pressure", but to indicate that any quantity may be used, the symbol has been chosen as "X".

### D.8.2 Determination of the level of the middle critical band

The mean-square sound pressure of the middle critical band,  $X_M$ , is defined as the total mean-square sound pressure contained in the critical band centred on the tone under investigation. When working with sound pressure levels, this quantity becomes the sound pressure level of the middle critical band,  $L_M$ . The width of the middle critical band,  $\Delta f_M$ , as well as the lower and upper band-edge frequencies,  $f_{1,M}$  and  $f_{2,M}$  are determined from the relationships in D.6 with  $f_0$  set equal to the frequency of the tone under investigation,  $f_t$ . The band-edge frequencies then become:

For  $f_t \leq 500$  Hz:

$$f_{1,M} = f_t - \Delta f_M / 2 \quad (\text{D.14})$$

and

$$f_{2,M} = f_t + \Delta f_M / 2 \quad (\text{D.15})$$

For  $f_t > 500$  Hz:

$$f_{1,M} = -\frac{\Delta f_M}{2} + \frac{\sqrt{(\Delta f_M)^2 + 4f_t^2}}{2} \quad (\text{D.16})$$

and

$$f_{2,M} = f_{1,M} + \Delta f_M \quad (\text{D.17})$$

(e.g.,  $f_{1,M} = 922,2$  Hz and  $f_{2,M} = 1084,4$  Hz when  $f_t = 1\,000$  Hz).

The value of  $X_M$  (or the value of  $L_M$ ) is determined from the FFT spectrum by bracketing the data points lying between  $f_{1,M}$  and  $f_{2,M}$  and computing the mean-square sound pressure of the middle critical band (or the sound pressure level of the middle critical band). Depending on the particular instrumentation used, this may be performed on the FFT analyzer itself using band cursors, on an external computer using appropriate software, or by some other means.

### D.8.3 Determination of the level of the lower critical band

The mean-square sound pressure of the lower critical band,  $X_L$ , is defined as the total mean-square sound pressure contained in the critical band immediately below, and contiguous with, the middle critical band defined in D.8.2. When working with sound pressure levels, this quantity becomes the sound pressure level of the lower critical band,  $L_L$ . The relationships in D.6 govern this lower critical band, with centre frequency  $f_{0,L}$ , bandwidth  $\Delta f_L$ , and lower and upper band-edge frequencies  $f_{1,L}$  and  $f_{2,L}$ , respectively. Since this lower critical band must be contiguous with the middle critical band, it follows that  $f_{2,L} = f_{1,M}$ . However, because  $f_{0,L}$  is not known *a priori*, the equations in D.6 cannot be used directly to determine the value of  $f_{1,L}$ , and an iterative method of solution would ordinarily have to be used. For the purposes of this annex, the value of  $f_{1,L}$  shall be computed from Equation (D.18), which has been derived from an iterative solution through the use of curve fitting.

$$f_{1,L} = C_0 + C_1 \times f_t + C_2 \times f_t^2 \quad (\text{D.18})$$

where

**Table D.1 — Parameters for calculation of  $f_{1,L}$**

Frequency range	$C_0$	$C_1$	$C_2$
$f_t \leq 171,4 \text{ Hz}$	20,0	0,0	0,0
$171,4 \text{ Hz} < f_t \leq 1600 \text{ Hz}$	-149,5	1,001	$-6,90 \times 10^{-5}$
$1600 \text{ Hz} < f_t$	6,8	0,806	$-8,20 \times 10^{-6}$

For tone frequencies below 171,4 Hz, the lower band-edge frequency for the lower critical band would compute to less than 20 Hz, the accepted lower limit of human hearing. For such cases, the lower band-edge frequency shall be set equal to 20 Hz (so that the band used for the determination of  $X_L$  extends from 20 Hz up to  $f_{2,L}$ ). The width of this lower band,  $\Delta f_L$ , will now be less than the width of the true critical band, and the determination of the prominence ratio takes this into account (see D.8.5).

The value of  $X_L$  (or the value of  $L_L$ ) is determined from the FFT spectrum by bracketing the data points lying between  $f_{1,L}$  and  $f_{2,L}$  and computing the mean-square sound pressure (or the sound pressure level) of the lower critical band. Depending on the particular instrumentation used, this may be performed on the FFT analyzer itself using band cursors, on an external computer using appropriate software, or by some other means. Care should be taken to ensure that the lower critical band and the middle critical band do not overlap computationally; i.e., that the FFT data points closest to the common band edge are assigned uniquely to one band or the other, and not to both.

**D.8.4 Determination of the level of the upper critical band**

The mean-square sound pressure of the upper critical band,  $X_U$ , is defined as the total mean-square sound pressure contained in the critical band immediately above, and contiguous with, the middle critical band defined in D.8.2. [When working with sound pressure levels, this quantity becomes the sound pressure level of the upper critical band,  $L_U$ .] The relationships in D.6 govern this upper critical band, with centre frequency  $f_{0,U}$ , bandwidth  $\Delta f_U$ , and lower and upper band-edge frequencies  $f_{1,U}$  and  $f_{2,U}$ , respectively. Since this upper critical band must be contiguous with the middle critical band, it follows that  $f_{1,U} = f_{2,M}$ . However, because  $f_{0,U}$  is not known *a priori*, the equations in D.6 cannot be used directly to determine the value of  $f_{2,U}$ , and an iterative method of solution would ordinarily have to be used. For the purposes of this annex, the value of  $f_{2,U}$  shall be computed from Equation (D.19), which has been derived from an iterative solution through the use of curve fitting.

$$f_{2,U} = D_0 + D_1 \times f_t + D_2 \times f_t^2 \tag{D.19}$$

where

**Table 2 — Parameters for calculation of  $f_{2,U}$**

Frequency range	$D_0$	$D_1$	$D_2$
$f_t \text{ Hz} \leq 1600 \text{ Hz}$	149,5	1,035	$7,70 \times 10^{-5}$
$1600 \text{ Hz} < f_t$	3,3	1,215	$2,16 \times 10^{-5}$



**D.8.8 Complex tones containing harmonic components (prominence ratio method)**

The prominence ratio method is illustrated graphically in Figure D.3. The prominence ratio was calculated according to D.8.5 and was found to be  $\Delta L_p = 12,1$  dB for the 1 600 Hz tone. Because the result is more than 9,0 dB, which is the prominence ratio criterion at 1 600 Hz, the tone is classified as *prominent*.

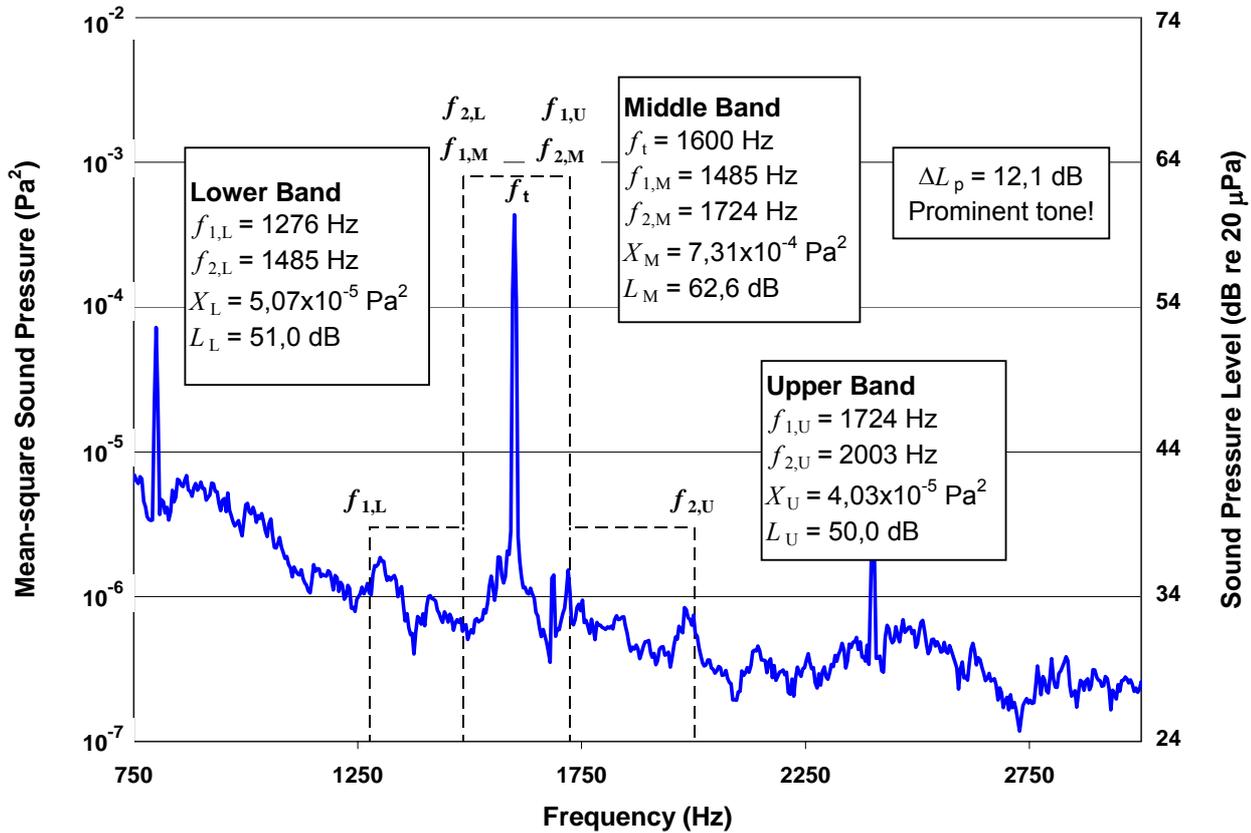


Figure D.3 — Illustration of the prominence ratio method for prominent tone identification

**D.9 Information to be recorded for prominent discrete tones**

For each discrete tone that has been identified as prominent according to this annex, the following information shall be recorded:

- 1) The frequency of the tone,  $f_t$ , in hertz;
- 2) The method used to evaluate the tone (D.7 tone-to-noise ratio or D.8 prominence ratio);
- 3) If the tone-to-noise ratio method was used, the tone-to-noise ratio,  $\Delta L_T$  in decibels. If the prominence ratio procedure was used, the prominence ratio  $\Delta L_p$  in decibels;
- 4) If the noise emissions under investigation include more than one identified prominent tone, the frequency of each tone, and either  $\Delta L_T$  or  $\Delta L_p$  for each tone.

NOTE It may be useful to record the A-weighted sound pressure level of the prominent tone.

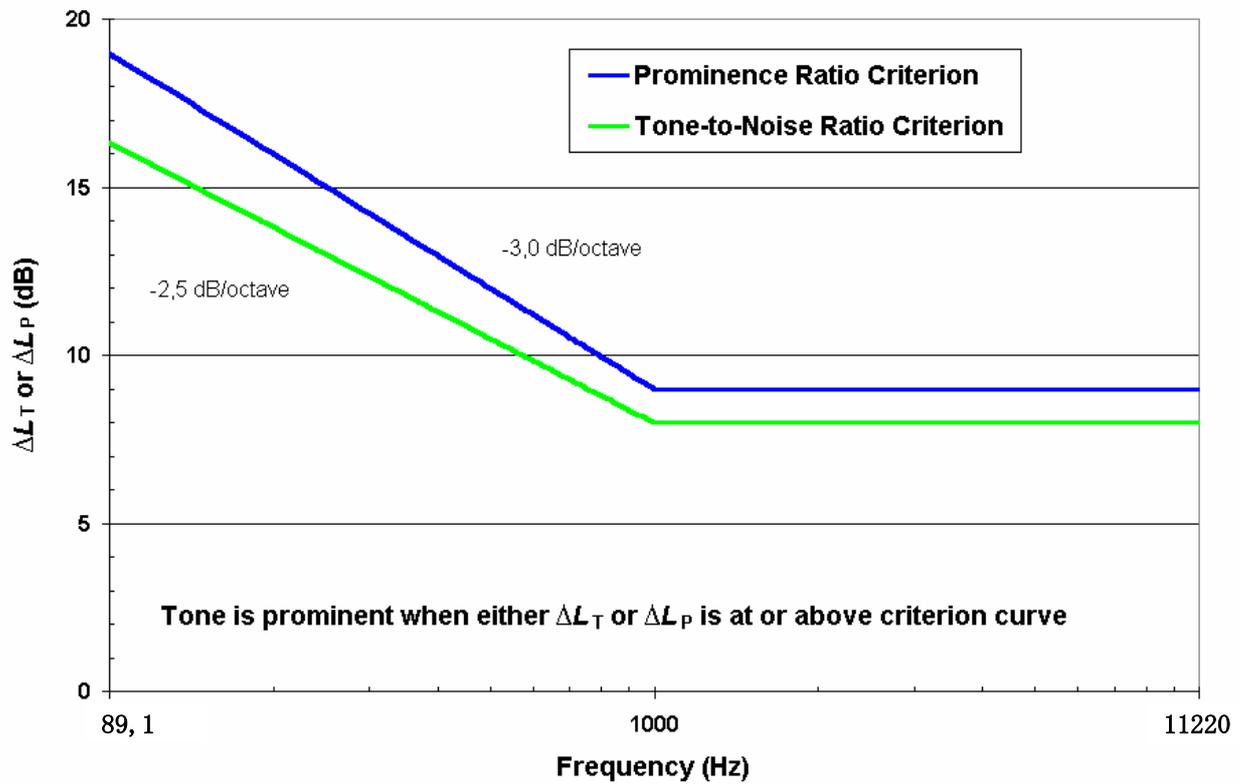


Figure D.4 — Criteria for prominence for both tone-to-noise ratio (D.7.5) and prominence ratio (D.8.6) as a function of frequency

Add the following references:

- [10] ECMA-108 *Measurement of High-frequency Noise emitted by Information technology and Telecommunications Equipment* (<http://www.ecma-international.org/>)
- [11] ECMA-109 *Declared Noise Emission Values of Information Technology and Telecommunications Equipment* (<http://www.ecma-international.org/>)
- [12] Dunens, E.K., *Measurement of the sound power emitted by small sound sources with a reduced radius hemispherical surface*, INTER-NOISE 2002, N374, 2002
- [13] Xu, Y., Liu, Y., Oliver, D. and Parker, J., *Evaluation of smaller hemispheric measurement surface for sound power measurement of very quiet hard disk drives*, INTER-NOISE 2002, N278, 2002
- [14] Baugh, E. and Green, K., *Numerical and experimental investigations for hard disk drive sound power level measurements in hemi-anechoic rooms*, INTER-NOISE 2002, N422, 2002
- [15] Nobile, M.A., Shaw, J.A., *The cylindrical microphone array for measuring sound power levels of noise sources*, Proceedings of INTER-NOISE 99, 1535-1540, 1999
- [16] Nobile, M.A., Donald, B. and Shaw, J.A., *The cylindrical microphone array: A proposal for use in international standards for sound power level measurements*, Proceedings of NOISE-CON 2000 (CD ROM), 1PNSc2, 2000
- [17] Nobile, M.A., Shaw, J.A. and Boyes, R.A., *The cylindrical microphone array for the measurement of sound power level: Number and arrangement of microphones*, Proceedings of Inter-Noise 2002 (CD-ROM), N318, 2002
- [18] Hellweg, R. D. and Nobile, M. A., *Modification to procedures for determining prominent discrete tones*, INTER-NOISE 2002, N473, 2002