

# NORME INTERNATIONALE

ISO  
9295

Première édition  
1988-11-15  
Corrigé et réimprimé  
1989-02-01



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

## Acoustique — Mesurage du bruit à haute fréquence émis par les matériels informatiques et de bureau

*Acoustics — Measurement of high-frequency noise emitted by computer and business  
equipment*

ITCI STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

ISO 9295:1988

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/91eeb82-950d-4b39-8864-c151018325cb/iso-9295-1988>

Numéro de référence  
ISO 9295 : 1988 (F)

## 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 projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO. Les Normes internationales sont approuvées conformément aux procédures de l'ISO qui requièrent l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 9295 a été élaborée par l'Association européenne des constructeurs de calculateurs électroniques (en tant que norme ECMA-108) et a été adoptée, selon une procédure spéciale par «voie express», par le comité technique ISO/TC 43, *Acoustique*, parallèlement à son approbation par les comités membres de l'ISO.

L'attention des utilisateurs est attirée sur le fait que toutes les Normes internationales sont de temps en temps soumises à révision et que toute référence faite à une autre Norme internationale dans le présent document implique qu'il s'agit, sauf indication contraire, de la dernière édition.

# Acoustique — Mesurage du bruit à haute fréquence émis par les matériels informatiques et de bureau

## 0 Introduction

Certains matériels informatiques et de bureau émettent du bruit à haute fréquence; il peut s'agir de bruit à large bande (par exemple bruit du papier à vitesse d'impression élevée) ou de bruit à bande étroite et de composantes tonales (par exemple alimentation de commutation et écrans vidéo de visualisation). Les niveaux mesurés ne sont pas pondérés en fréquence. Cependant, lorsqu'il existe des contributions importantes des bandes d'octave ayant des fréquences centrales de 125 Hz à 8 kHz et, de plus, lorsqu'il existe une contribution de la bande d'octave de 16 kHz qui est à large bande, le niveau de puissance acoustique pondéré A peut être calculé en prenant en considération la contribution de la bande d'octave de 16 kHz. Il convient de se rappeler que la pondération A peut ne pas constituer la pondération correcte pour évaluer la gêne acoustique dans la bande d'octave de 16 kHz. Le principal objet de la présente Norme internationale est de prescrire des méthodes de mesurage des niveaux et des fréquences des composantes tonales qui se trouvent dans la bande d'octave de 16 kHz.

## 1 Objet et domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie quatre méthodes pour la détermination des niveaux de puissance acoustique du bruit à haute fréquence émis par les matériels informatiques et de bureau dans le domaine de fréquences couvert par la bande d'octave centrée sur 16 kHz. Ces méthodes sont complémentaires aux méthodes décrites dans l'ISO 7779. Les trois premières méthodes reposent sur la technique en salle réverbérante décrite au chapitre 5 de l'ISO 7779 : 1988, tandis que la quatrième méthode fait appel à un champ libre au-dessus d'un plan réfléchissant décrit au chapitre 6 de l'ISO 7779 : 1988.

Les conditions d'essai qui déterminent l'installation et le fonctionnement des matériels sont celles spécifiées dans l'ISO 7779.

Les quatre méthodes spécifiées dans la présente Norme internationale s'appliquent particulièrement aux matériels informatiques et de bureau, mais peuvent convenir à d'autres types de matériel. La présente Norme internationale spécifie des méthodes pour la détermination des niveaux de puissance acoustique dans le domaine de fréquences couvert par la bande d'octave centrée sur 16 kHz et comprenant les fréquences entre 11,2 kHz et 22,4 kHz.

NOTE — Le niveau de puissance acoustique dans la bande d'octave de 16 kHz déterminé conformément à la présente Norme internationale est, de manière générale, associé à un écart-type d'environ 3 dB.

Une méthode de mesurage du bruit à haute fréquence est conforme à la présente Norme internationale si elle satisfait à toutes

les exigences obligatoires de l'une des quatre méthodes spécifiées ci-après et si les informations relevées et consignées dans le procès-verbal correspondent à celles que spécifient respectivement les chapitres 8, 9 et 10.

## 2 Références

ISO 6926, *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit — Caractérisation et étalonnage des sources sonores de référence.*<sup>1)</sup>

ISO 7779, *Acoustique — Mesurage du bruit aérien émis par les matériels informatiques et de bureau.*

## 3 Exigences concernant le mesurage en salle réverbérante

### 3.1 Généralités

Trois méthodes, basées sur la technique de mesurage en salle réverbérante du chapitre 5 de l'ISO 7779 : 1988, sont spécifiées.

Les deux premières méthodes sont généralement appelées méthodes «directes», car elles reposent sur des durées de réverbérations mesurées ou calculées directement. La troisième méthode est une méthode dite de comparaison, car elle vise à déterminer les niveaux de puissance acoustique de l'équipement par rapport à une source sonore de référence étalonnée.

Ces trois méthodes requièrent la détermination du niveau moyen de pression acoustique dans le champ réverbéré.

Étant donné que les instruments et les techniques de base de mesurage sont les mêmes pour les trois méthodes, leurs caractéristiques sont résumées en 3.2 à 3.6. Des exigences complémentaires propres à chaque méthode sont indiquées séparément. Pour une information supplémentaire concernant les instruments, voir ISO 7779.

### 3.2 Instrumentation

Le microphone doit présenter une courbe de réponse en fréquence plate, en incidence aléatoire, dans la bande d'octave de 16 kHz. Les tolérances doivent être de  $\pm 2,0$  dB dans le domaine de fréquences compris entre 11,4 kHz et 22,8 kHz.

NOTE — Pour satisfaire à ces exigences, un microphone de diamètre 13 mm est normalement requis.

1) À publier.

Si le bruit du matériel en essai a les caractéristiques d'un bruit à large bande, on doit utiliser un analyseur de bande de tiers d'octave. Si le bruit du matériel en essai contient des composantes tonales, on doit recourir à un analyseur à bande étroite, de largeur de bande inférieure à un tiers d'octave, afin de déterminer la fréquence de la (des) composante(s) et d'améliorer le rapport signal-bruit.

NOTE — Pour l'analyse en bande étroite, un analyseur de largeur de bande égale ou inférieure à un douzième d'octave convient généralement. Les analyseurs numériques, faisant appel à la Transformée de Fourier Rapide (FFT) ou à des techniques équivalentes, peuvent également s'avérer utiles, en particulier lorsque l'analyseur associe l'analyse en bande étroite et l'intégration.

### 3.3 Installation et orientation du microphone

Le microphone doit être placé à l'extrémité d'une perche pivotante décrivant un cercle d'au moins 2 m de diamètre. Afin de réduire l'effet du champ direct sur le niveau mesuré de pression acoustique, le microphone doit être monté à l'extrémité de la perche en le pointant vers le haut, de sorte que la perpendiculaire à sa membrane soit parallèle à l'axe de rotation. La période de rotation doit atteindre au moins 30 s.

On peut recourir à des trajectoires et des périodes de rotation plus importantes pour réduire le bruit de fond du mécanisme d'entraînement et réduire au minimum la modulation des composantes tonales due au déplacement du microphone.

Il faut s'assurer de l'absence de perturbation électrique par les instruments de mesure, susceptible d'influer sur le mesurage du niveau de pression acoustique.

NOTE — Il est recommandé d'effectuer un essai à l'aide d'un microphone factice, le matériel en essai étant en fonctionnement, pour déterminer le niveau du bruit de fond électrique.

### 3.4 Installation et orientation du matériel

Placer le matériel sur le sol de la salle réverbérante à au moins 1 m de toute paroi et à au moins 1,8 m de l'emplacement du microphone le plus proche.

Utiliser quatre orientations différentes du matériel, à savoir :

- Côté où se trouve l'opérateur face au centre de la trajectoire du microphone.
- Équipement tourné de 90° dans le sens des aiguilles d'une montre.
- Équipement tourné de 180° dans le sens des aiguilles d'une montre.
- Équipement tourné de 270° dans le sens des aiguilles d'une montre.

On peut également disposer le matériel sur une table pivotante que l'on fait tourner pendant les mesurages. Le déplacement de la table ne doit pas être synchrone par rapport à la rotation de la perche portant le microphone.

### 3.5 Étalonnage du système de mesurage

Avant de mesurer le bruit du matériel, on doit étalonner le dispositif de mesurage conformément à 5.4.6 de l'ISO 7779 : 1988. Un étalonnage à une fréquence unique suffit généralement si la réponse en fréquence du système complet, y compris dans le domaine de fréquences de la bande d'octave de 16 kHz, est contrôlée au moins tous les deux ans.

Si un analyseur FFT est étalonné à l'aide d'un calibre à fréquence unique, veiller à ce que tous les niveaux des bandes latérales principales soient inclus dans le niveau d'étalonnage.

### 3.6 Mesurage du niveau de pression acoustique

Le niveau de pression acoustique est mesuré dans les bandes de tiers d'octave ou dans les bandes étroites comportant les composantes tonales. Les mesurages du niveau de pression acoustique le long de la trajectoire circulaire du microphone doivent être effectués pour chaque bande de fréquences dans le domaine de fréquences représentatif. Les données suivantes doivent être obtenues :

a) Niveaux de pression acoustique par bande, le matériel étant en fonctionnement.

b) Niveaux de pression acoustique par bande du bruit de fond (y compris le bruit émis par le matériel auxiliaire, le cas échéant).

c) Niveaux de pression acoustique par bande de la source sonore de référence (si nécessaire : voir chapitre 6).

La méthode préférentielle est de procéder à un moyennage par intégration vraie au cours d'une rotation complète du microphone. Lorsqu'on utilise un analyseur à bande étroite procédant par intervalles de temps consécutifs, chaque intervalle de temps doit correspondre à une rotation. L'influence de la durée du mesurage et des corrections pour le bruit de fond doit être prise en considération selon 5.7 de l'ISO 7779 : 1988.

Lorsqu'on utilise des analyseurs FFT, la durée d'analyse est normalement supérieure à la largeur de la fenêtre temporelle. On doit donc augmenter la durée totale de mesurage ou procéder par mesurages individuels répétés sur trois tours de la perche, commençant chacun en un point différent.

La valeur moyenne,  $L_p$ , des  $N$  mesurages du niveau de pression acoustique doit être calculée à l'aide de l'équation suivante :

$$L_p = 10 \lg \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{(L_i/10)} \right] \quad \dots(1)$$

où  $L_i$  est le niveau de pression acoustique pour le  $i^{\text{ème}}$  mesurage, en décibels (référence : 20  $\mu$ Pa).

Pour les quatre orientations du matériel en essai, la valeur moyenne de  $L_p$  est obtenue avec  $N = 4$ . Pour les trois tours de la perche,  $L_p$  est obtenue avec  $N = 3$ .

Lorsqu'on analyse une composante tonale, le déplacement du microphone répartit l'énergie de la composante en bandes latérales de la fréquence de la composante tonale. Pour obtenir le

niveau total, la largeur de bande de l'analyseur ne doit pas être inférieure à :

$$\Delta f = 2f \frac{v}{c} \quad \dots(2)$$

où

$\Delta f$  est la valeur minimale de la largeur de bande de l'analyseur, en hertz;

$f$  est la fréquence centrale de la composante tonale, en hertz;

$c$  est la célérité du son, en mètres par seconde;

$v$  est la vitesse de déplacement du microphone, en mètres par seconde.

Si l'on utilise la technique FFT ou des techniques équivalentes pour analyser la (les) composante(s) tonale(s), la largeur de bande peut être sensiblement plus étroite que celle indiquée ci-dessus. Dans ce cas, les niveaux des bandes latérales, adjacentes à la fréquence centrale de la composante, qui contribuent à son niveau, doivent être ajoutés, sur une base énergétique, pour obtenir le niveau total en utilisant l'équation suivante :

$$L_{\text{tot}} = 10 \lg \sum_{i=1}^N 10^{(L_i/10)} \quad \dots(3)$$

où

$L_{\text{tot}}$  est le niveau total de pression acoustique, en décibels (référence : 20  $\mu\text{Pa}$ );

$L_i$  est le niveau de pression acoustique dans une bande individuelle, en décibels (référence : 20  $\mu\text{Pa}$ );

$N$  est le nombre de niveaux de bande latérale à combiner.

## 4 Méthode reposant sur la durée de réverbération mesurée

### 4.1 Généralités

L'hypothèse de base de cette méthode est que le champ réverbéré est la composante principale du champ acoustique aux positions de microphone. Des expériences montrent que dans la bande d'octave de 16 kHz, le champ direct peut encore être présent. Toutefois, l'orientation du microphone spécifiée en 3.3 réduit sensiblement la contribution du champ direct et le niveau mesuré de pression acoustique est donc déterminé par le champ réverbéré. On calcule l'absorption totale de la salle à partir de la durée de réverbération mesurée qui est elle-même déterminée par l'absorption dans l'air et par les parois de la salle. Bien que l'absorption dans l'air constitue la part la plus importante, l'absorption des parois peut contribuer à l'absorption totale de la salle. À des fréquences supérieures à 10 kHz, le coefficient d'absorption de la salle,  $\alpha$ , ne peut pas être considéré comme négligeable par rapport à l'unité. On doit donc substituer à l'équation simple de Sabine, l'équation d'Eyring [voir équation (4)] pour calculer l'absorption de la salle.

### 4.2 Mesurage de la durée de réverbération

La durée de réverbération,  $T$ , en secondes, de la salle réverbérante où se trouve le matériel en essai, doit être déterminée dans les bandes de tiers d'octave dont les fréquences médianes, comprises entre 12,5 kHz et 20 kHz, sont représentatives pour le mesurage du bruit du matériel. Lorsque le matériel en essai émet des composantes tonales, on doit mesurer la durée de réverbération à ces fréquences par bandes plus étroites, par exemple par bande d'un douzième d'octave. Pour chaque bande de fréquences représentative, on doit déterminer la moyenne des durées de réverbération, mesurées en trois points ou plus, également répartis sur la trajectoire du microphone. Le temps de réponse de l'appareillage de mesure (par exemple, un enregistreur de niveau) doit permettre le mesurage de durées de réverbération inférieures à 0,7 s.

### 4.3 Calcul de l'absorption de la salle

On calcule la constante  $R$  de la salle dans chaque bande, à partir de la durée de réverbération mesurée, de la façon suivante :

$$R = \frac{S \times \alpha}{1 - \alpha} \quad \dots(4)$$

$$\alpha = 1 - e^{-0,16 V / (S \times T)} \quad \dots(5)$$

$S$  est la surface totale de la salle, en mètres carrés;

$V$  est le volume de la salle, en mètres cubes;

$T$  est la durée moyenne de réverbération mesurée, en secondes;

$\alpha$  est le coefficient d'absorption de la salle.

### 4.4 Installation du microphone et du matériel

Le microphone et le matériel en essai doivent être installés conformément à 3.3 et 3.4, respectivement.

### 4.5 Mesurage du niveau de pression acoustique

Avant de mesurer le bruit du matériel, on doit étalonner le dispositif de mesure conformément à 3.5. Le niveau moyen de pression acoustique,  $L_p$ , doit être mesuré conformément à 3.6. Lorsque le bruit du matériel en essai est à large bande, on doit utiliser un analyseur par bande de tiers d'octave. Lorsque le bruit du matériel en essai comporte des composantes tonales, on doit recourir à un analyseur à bande étroite permettant l'analyse par bande de largeurs inférieures à un tiers d'octave, si l'on doit déterminer la fréquence de la composante tonale et/ou en présence de composantes tonales multiples.

Pendant ces mesurages, la température et l'humidité relative de la salle doivent être égales, respectivement à  $\pm 1$  °C près et à  $\pm 2,5$  % près, aux valeurs relevées lors des mesurages de la durée de réverbération.

#### 4.6 Calcul du niveau de puissance acoustique

Le niveau de puissance acoustique du matériel dans chaque bande de fréquences représentative doit être calculé à l'aide de l'équation suivante :

$$L_W = L_p - 10 \lg \frac{4}{R} \quad \dots(6)$$

où

$L_W$  est le niveau de puissance acoustique par bande de matériel, en décibels (référence : 1 pW);

$L_p$  est le niveau moyen de pression acoustique par bande pour les quatre orientations du matériel en essai, en décibels (référence : 20  $\mu$ Pa), mesuré conformément à 4.5;

$R$  est la constante de la salle calculée en 4.3.

### 5 Méthode reposant sur le calcul de l'absorption par l'air

#### 5.1 Généralités

L'hypothèse de base de cette méthode est que le champ réverbéré est la composante principale du champ acoustique aux positions de microphone. Des expériences montrent que dans la bande d'octave centrée sur 16 kHz, le champ direct peut encore être présent. Toutefois, l'orientation du microphone spécifiée en 3.3 réduit sensiblement la contribution du champ direct; le niveau mesuré de pression acoustique est donc déterminé par le champ réverbéré. On fait par ailleurs l'hypothèse que l'absorption totale de la salle est due uniquement à l'absorption par l'air. La présente méthode représente par conséquent une simplification de celle décrite en 4.3 et rend superflu le mesurage de la durée de réverbération. L'absorption de la salle est calculée directement à partir du coefficient d'absorption par l'air qui figure au tableau 1. Les équations pour le calcul de l'absorption par l'air sont données dans l'annexe B.

#### 5.2 Calcul de la constante de la salle

À des fréquences de 10 kHz et plus, pratiquement tout l'effet d'absorption dans la salle réverbérante est imputable à l'absorp-

tion par l'air. Dans ces conditions, la constante,  $R$ , de la salle réverbérante est donnée par :

$$R = \frac{8 \times a \times V}{1 - \frac{8 \times a \times V}{S}} \quad \dots(7)$$

où

$a$  est le coefficient d'absorption par l'air, en népers par mètre;  $a$  est donné au tableau 1 en fonction de la fréquence, de l'humidité relative et de la température de l'air dans la salle réverbérante;

$S$  est la surface totale de la salle, en mètres carrés;

$V$  est le volume de la salle, en mètres cubes.

#### 5.3 Conditions de température et d'humidité pendant les mesurages

Les valeurs de la température et de l'humidité relative dans la salle, utilisées pour le calcul de la constante de la salle, doivent être égales, respectivement à  $\pm 1$  °C près et à  $\pm 2,5$  % près, aux valeurs relevées lors du mesurage.

#### 5.4 Installation du microphone et du matériel

Le microphone et le matériel en essai doivent être installés conformément à 3.3 et 3.4, respectivement.

#### 5.5 Mesurage du niveau de pression acoustique

Avant de mesurer le bruit du matériel, on doit étalonner le dispositif de mesurage conformément à 3.5. Le niveau moyen de pression acoustique,  $L_p$ , doit être mesuré conformément à 3.6. Lorsque le bruit du matériel en essai est à large bande, on doit utiliser un analyseur par bande de tiers d'octave. Lorsque le bruit du matériel en essai comporte des composantes tonales, on doit recourir à un analyseur à bande étroite permettant l'analyse de bandes de largeurs inférieures à un tiers d'octave, pour déterminer la fréquence de la (des)composante(s) tonale(s) ainsi que le niveau et la fréquence de chaque composante tonale, en présence de composantes tonales multiples. On doit noter dans le procès-verbal d'essai les caractéristiques du filtre et de sa bande passante.

Tableau 1 — Coefficients d'absorption par l'air

Fréquence Hz	Coefficients d'absorption par l'air, $\alpha$ (Np/m), à une pression atmosphérique de 101,325 kPa								
	Température : 18 °C			Température : 20 °C			Température : 22 °C		
	Humidité relative			Humidité relative			Humidité relative		
	40 %	50 %	60 %	40 %	50 %	60 %	40 %	50 %	60 %
10 000	0,022 2	0,018 3	0,015 6	0,020 6	0,016 9	0,014 4	0,019 1	0,015 7	0,013 4
10 500	0,024 1	0,020 0	0,017 0	0,022 5	0,018 5	0,015 8	0,020 9	0,017 1	0,014 6
11 000	0,026 1	0,021 7	0,018 5	0,024 4	0,020 1	0,017 2	0,022 7	0,018 7	0,016 0
11 500	0,028 1	0,023 5	0,020 1	0,026 4	0,021 9	0,018 7	0,024 6	0,020 3	0,017 3
12 000	0,030 2	0,025 4	0,021 8	0,028 4	0,023 6	0,020 2	0,026 5	0,021 9	0,018 8
12 500	0,032 3	0,027 3	0,023 4	0,030 5	0,025 4	0,021 8	0,028 5	0,023 6	0,020 2
13 000	0,034 5	0,029 2	0,025 2	0,032 6	0,027 3	0,023 4	0,030 6	0,025 4	0,021 8
13 500	0,036 6	0,031 2	0,027 0	0,034 7	0,029 2	0,025 1	0,032 7	0,027 2	0,023 4
14 000	0,038 8	0,033 3	0,028 8	0,036 9	0,031 1	0,026 8	0,034 8	0,029 1	0,025 0
14 500	0,041 0	0,035 3	0,030 7	0,039 1	0,033 1	0,028 6	0,037 0	0,031 0	0,026 7
15 000	0,043 2	0,037 4	0,032 6	0,041 4	0,035 2	0,030 4	0,039 2	0,032 9	0,028 4
15 500	0,045 4	0,039 5	0,034 5	0,043 6	0,037 3	0,032 3	0,041 4	0,034 9	0,030 1
16 000	0,047 6	0,041 7	0,036 5	0,045 9	0,039 4	0,034 2	0,043 7	0,037 0	0,032 0
16 500	0,049 8	0,043 9	0,038 5	0,048 2	0,041 5	0,036 1	0,046 0	0,039 1	0,033 8
17 000	0,052 1	0,046 1	0,040 6	0,050 5	0,043 7	0,038 1	0,048 3	0,041 2	0,035 7
17 500	0,054 3	0,048 3	0,042 7	0,052 8	0,045 9	0,040 2	0,050 7	0,043 3	0,037 6
18 000	0,056 5	0,050 5	0,044 8	0,055 1	0,048 2	0,042 2	0,053 0	0,045 5	0,039 6
18 500	0,058 7	0,052 8	0,047 0	0,057 5	0,050 4	0,044 3	0,055 4	0,047 7	0,041 6
19 000	0,060 9	0,055 1	0,049 2	0,059 8	0,052 7	0,046 4	0,057 8	0,050 0	0,043 7
19 500	0,063 0	0,057 3	0,051 4	0,062 1	0,055 0	0,048 6	0,060 3	0,052 3	0,045 8
20 000	0,065 2	0,059 6	0,053 6	0,064 5	0,057 4	0,050 8	0,062 7	0,054 6	0,047 9
20 500	0,067 4	0,061 9	0,055 9	0,066 8	0,059 7	0,053 0	0,065 1	0,056 9	0,050 1
21 000	0,069 5	0,064 2	0,058 1	0,069 1	0,062 1	0,055 3	0,067 6	0,059 3	0,052 3
21 500	0,071 6	0,066 6	0,060 4	0,071 5	0,064 5	0,057 6	0,070 0	0,061 7	0,054 5
22 000	0,073 8	0,068 9	0,062 7	0,073 8	0,066 8	0,059 9	0,072 5	0,064 1	0,056 7
22 400	0,075 4	0,070 7	0,064 6	0,075 6	0,068 8	0,061 7	0,074 5	0,066 1	0,058 6

## 5.6 Calcul du niveau de puissance acoustique

Le niveau de puissance acoustique dans chaque bande de fréquences représentative doit être calculé à l'aide de l'équation suivante :

$$L_W = L_p - 10 \lg \frac{4}{R} \quad \dots(8)$$

où

$L_W$  est le niveau de puissance acoustique par bande du matériel, en décibels (référence : 1 pW);

$L_p$  est le niveau moyen de pression acoustique, en décibels (référence : 20  $\mu$ Pa), mesuré conformément à 5.5;

$R$  est la constante de la salle calculée en 5.2.

## 6 Méthode par utilisation d'une source sonore de référence

### 6.1 Source sonore de référence

On doit utiliser une source sonore de référence (SSR), émettant une énergie acoustique suffisante dans la bande d'octave

centrée sur 16 kHz, afin d'obtenir, dans la salle réverbérante, un niveau moyen de pression acoustique par bande au moins supérieur de 10 dB au niveau du bruit de fond. Les niveaux de puissance acoustique de la source sonore de référence doivent être connus et déterminés conformément à l'ISO 6926.

Pour mesurer un bruit à large bande, l'étalonnage doit être effectué par bandes de tiers d'octave.

Pour mesurer les composantes tonales, l'étalonnage de la source sonore de référence doit être effectué en bande étroite (par exemple, par largeur de bande constante de 100 Hz ou par douzième d'octave) et les niveaux de puissance acoustique doivent être consignés par unité de largeur de bande (densité spectrale de puissance).

### 6.2 Installation du microphone et du matériel

Le microphone et le matériel en essai doivent être installés conformément à 3.3 et 3.4, respectivement.

### 6.3 Installation de la source sonore de référence

L'emplacement de la source sonore de référence dans la salle réverbérante doit être identique à celui du matériel en essai.

Un seul emplacement et une orientation unique de la SSR suffisent.

## 6.4 Mesurage du niveau de pression acoustique

Avant de mesurer le bruit du matériel en essai et le bruit de la source sonore de référence, on doit étalonner le dispositif de mesurage conformément à 3.5. Le niveau moyen de pression acoustique,  $L_p$ , doit être mesuré successivement pour le matériel en essai et pour la source sonore de référence, conformément à 3.6. Lorsque le bruit du matériel en essai est à large bande, on doit utiliser un analyseur par bande de tiers d'octave. Lorsque le bruit du matériel en essai comporte des composantes tonales, on doit recourir à un analyseur à bande étroite permettant l'analyse de bandes de largeurs inférieures à un tiers d'octave. On doit utiliser la même largeur de bande pour mesurer le niveau de pression acoustique du matériel en essai et de la source sonore de référence. Les caractéristiques du filtre et de sa bande passante doivent être consignées dans le procès-verbal d'essai.

Pendant ces mesurages, la température et l'humidité relative de la salle doivent rester stables, respectivement à  $\pm 1$  °C près et à  $\pm 2,5$  % près.

## 6.5 Calcul du niveau de puissance acoustique

### 6.5.1 Matériel émettant un bruit à large bande

Le niveau de puissance acoustique dans chaque bande de tiers d'octave représentative doit être calculé à partir de l'équation suivante :

$$L_W = L_W(\text{SSR}) - L_p(\text{SSR}) + L_p \quad \dots(9)$$

où

$L_W$  est le niveau de puissance acoustique par bande du matériel en essai, en décibels (référence : 1 pW),

$L_W(\text{SSR})$  est le niveau de puissance acoustique de la source sonore de référence étalonée, par bande de tiers d'octave, en décibels (référence : 1 pW);

$L_p(\text{SSR})$  est le niveau de pression acoustique moyenne de la source sonore de référence étalonée, en décibels (référence : 20  $\mu\text{Pa}$ ), mesuré conformément à 3.6, par bande de tiers d'octave;

$L_p$  est le niveau de pression acoustique moyenne pour les quatre orientations du matériel en essai, en décibels (référence : 20  $\mu\text{Pa}$ ), mesuré conformément à 3.6, par bande de tiers d'octave.

### 6.5.2 Matériel émettant des composantes tonales

On doit calculer le niveau de puissance acoustique pour chaque fréquence représentative à l'aide de l'équation suivante :

$$L_W = L_W(\text{SSR}) - L_p(\text{SSR}) + L_p + 10 \lg \Delta F \quad \dots(10)$$

où

$L_W$  est le niveau de puissance acoustique par bande du matériel en essai, en décibels (référence : 1 pW);

$L_W(\text{SSR})$  est le niveau de puissance acoustique, par unité de largeur de bande, de la source sonore de référence étalonée, pour la fréquence représentative, en décibels (référence : 1 pW);

$L_p(\text{SSR})$  est le niveau moyen de pression acoustique, en bande étroite, de la source sonore de référence étalonée,

$L_p$  est le niveau moyen de pression acoustique, en bande étroite, pour les quatre orientations du matériel en essai, en décibels (référence : 20  $\mu\text{Pa}$ ), mesuré conformément à 3.6;

$\Delta F$  est la largeur de bande de l'analyseur utilisé pour mesurer les niveaux de pression acoustique;  $\Delta F$  est la bande passante effective du filtre et non la largeur de bande comprise entre les points à  $-3$  dB.

NOTE — La bande passante effective est la largeur de bande du filtre idéal (rectangulaire) qui transmettrait la même puissance du signal que le filtre réel, chacun étant attaqué par un signal stationnaire de bruit aléatoire présentant une fonction de densité spectrale de puissance constante.

## 7 Méthode en champ libre au-dessus d'un plan réfléchissant

### 7.1 Généralités

La méthode décrite utilise des conditions de champ libre au-dessus d'un plan réfléchissant. Cette technique est décrite au chapitre 6 de l'ISO 7779 : 1988. Une salle semi-anéchoïque doit être utilisée pour les mesurages décrits dans ce chapitre.

NOTES

1 Le plan réfléchissant peut créer des interférences entachant cette méthode d'une légère erreur qui, cependant, peut être ignorée.

2 Bien que l'absorption dans l'air joue un rôle important dans le domaine des hautes fréquences, son effet est relativement peu important pour un rayon de mesurage inférieur à 2 m dans un champ libre au-dessus d'un plan réfléchissant.

### 7.2 Instrumentation

Le microphone doit présenter une courbe de réponse en fréquence plate, en champ libre, pour un son d'incidence normale dans la bande d'octave centrée sur 16 kHz. Les tolérances doivent être inférieures à  $\pm 2,0$  dB dans le domaine de fréquences compris entre 11,4 kHz et 22,8 kHz.

NOTE — Pour satisfaire à ces exigences, un microphone de diamètre 13 mm ou moins est normalement requis.

Lorsque le bruit du matériel en essai a les caractéristiques d'un bruit à large bande, on doit utiliser un analyseur de bande de tiers d'octave ou de largeur inférieure. Lorsque le bruit du matériel en essai comporte des composantes tonales, on doit recourir à un analyseur à bande étroite offrant des largeurs de bande inférieures à un tiers d'octave, afin de déterminer la fréquence de la (des) composante(s) et d'augmenter le rapport signal-bruit.

NOTE — Pour l'analyse en bande étroite, un analyseur de largeur de bande égale ou inférieure à un douzième d'octave convient généralement. Les analyseurs numériques faisant appel à la Transformée de Fourier Rapide (FFT) ou à des techniques équivalentes peuvent également s'avérer utiles, en particulier lorsque l'analyseur associe l'analyse en bande étroite et l'intégration.

### 7.3 Installation et orientation du microphone

Le(s) microphone(s) doit (doivent) être installé(s) sur un hémisphère fictif, centré dans le plan réfléchissant. La perpendiculaire au diaphragme du (des) microphone(s) doit passer par le centre de l'hémisphère de mesurage. On doit utiliser l'une des trois dispositions suivantes :



a) Une perche pivotante déplaçant le(s) microphone(s) le long de cinq trajectoires circulaires coaxiales sur l'hémisphère fictif. Cette disposition est illustrée à l'annexe A. La période de rotation devrait être au moins égale à 30 s. Des durées supérieures peuvent être utilisées pour réduire le bruit de fond du mécanisme d'entraînement.

b) Une disposition fixe de microphone tel qu'illustré à l'annexe A, le matériel en essai étant monté sur une table tournante.

c) Une disposition fixe de microphone conforme à la disposition 4 décrite à l'annexe B de l'ISO 7779 : 1988, avec le matériel en essai en position fixe.

NOTE — Lorsqu'une étude préliminaire prouve que la source est fortement directionnelle, l'exactitude peut être améliorée par inclinaison de la source, par répétition du mesurage et par moyennage des résultats à l'aide de l'équation (1).

Il faut s'assurer que les instruments de mesure n'engendrent aucune perturbation électrique susceptible d'influencer le mesurage du niveau de pression acoustique.

NOTE — Il est recommandé d'effectuer un essai à l'aide d'un microphone factice, le matériel en essai étant en fonctionnement, pour déterminer le niveau du bruit de fond d'origine électrique.

#### 7.4 Installation du matériel

Le matériel en essai doit être installé sur le plancher réfléchissant. La projection du centre géométrique du matériel sur le sol constitue le centre de l'hémisphère de mesure de rayon  $r$  (voir 7.3).

#### 7.5 Étalonnage du système de mesurage

Avant de mesurer le bruit du matériel en essai, on doit étalonner le dispositif de mesurage, conformément à 6.4.5 de l'ISO 7779 : 1988. Un étalonnage à une fréquence unique suffit généralement si la réponse en fréquence du système complet, y compris dans le domaine de fréquences de la bande d'octave de 16 kHz, est contrôlée au moins tous les deux ans.

Si un analyseur FFT est étalonné à l'aide d'un calibre à fréquence unique, on doit veiller à ce que les niveaux des bandes latérales principales soient inclus dans le niveau d'étalonnage.

#### 7.6 Mesurage du niveau de pression acoustique

Le niveau de pression acoustique doit être mesuré dans les bandes de tiers d'octave ou dans les bandes étroites comportant les composantes tonales. Les mesurages du niveau de pression acoustique conformément à 7.3 doivent être effectués pour chaque bande de fréquences dans le domaine de fréquences représentatif. Les données suivantes doivent être obtenues :

- Les niveaux de pression acoustique par bande, le matériel étant en fonctionnement.
- Les niveaux de pression acoustique par bande du bruit de fond (y compris le bruit émis par le matériel auxiliaire, le cas échéant).

La méthode préférentielle est de procéder à un moyennage par intégration vraie au cours d'une rotation complète du microphone ou de la source. Si l'on fait tourner la source, le niveau moyen de pression acoustique doit être déterminé pour une rotation de la source. L'influence de la durée du mesurage et

des corrections pour le bruit de fond doit être prise en considération conformément à 6.7 de l'ISO 7779 : 1988.

Si l'on utilise la disposition selon 7.3 a) ou b), la durée d'intégration doit être d'au moins 30 s. Si l'on utilise des positions fixes de microphone conformément à 7.3 c), la durée d'intégration doit être d'au moins 8 s.

En cas d'utilisation d'analyseurs FFT, la durée d'analyse est généralement supérieure à la largeur de la fenêtre temporelle. On doit alors augmenter la durée totale de mesurage ou procéder par mesurages individuels répétés, comme spécifié en 3.6, pour les dispositions décrites en 7.3 a) ou b). Pour les dispositions de microphone conformes à 7.3 c), la durée minimale d'intégration doit être portée à 30 s.

Lorsqu'on applique la FFT ou des techniques équivalentes à l'analyse de la (des) composante(s) tonale(s), on doit en outre considérer les niveaux des bandes latérales, comme indiqué en 3.6, équation (3).

Les caractéristiques du filtre et de la bande passante de l'analyseur doivent être consignées dans le procès-verbal d'essai.

Pendant ces mesurages, la température et l'humidité relative de la salle doivent rester stables, respectivement à  $\pm 1^\circ\text{C}$  et à  $\pm 2,5\%$  près.

#### 7.7 Calcul du niveau de pression acoustique surfacique

À partir des niveaux de pression acoustique mesurés en différentes positions de microphone ou sur les trajectoires, on calcule le niveau de pression acoustique surfacique, dans chaque bande de fréquences représentative, conformément à 6.9 de l'ISO 7779 : 1988, à l'aide de l'équation suivante :

$$L_{pf} = 10 \lg \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{(L_i/10)} \right] \quad \dots(11)$$

où

$L_{pf}$  est le niveau de pression acoustique surfacique, en décibels (référence : 20  $\mu\text{Pa}$ );

$L_i$  est le niveau moyen de pression acoustique, en décibels (référence : 20  $\mu\text{Pa}$ ), pour un emplacement individuel de microphone ou une seule trajectoire;

$N$  est le nombre des niveaux dont on doit calculer la moyenne.

#### 7.8 Calcul du niveau de puissance acoustique

Le niveau de puissance acoustique doit être calculé à partir du niveau de pression acoustique surfacique et de la surface de l'hémisphère, conformément à 6.10 de l'ISO 7779 : 1988, à l'aide de l'équation suivante :

$$L_W = L_{pf} + 10 \lg \frac{S}{S_0} \quad \dots(12)$$

où

$L_W$  est le niveau de puissance acoustique, en décibels (référence : 1 pW);

$L_{pf}$  est le niveau de pression acoustique surfacique, en décibels (référence : 20  $\mu\text{Pa}$ );

$S$  est la surface de mesurage, en mètres carrés;

$S_0 = 1 \text{ m}^2$