

---

# NORME INTERNATIONALE 3891

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

---

## Acoustique — Méthode de représentation du bruit perçu au sol produit par un aéronef

*Acoustics — Procedure for describing aircraft noise heard on the ground*

Première édition — 1978-01-15

Corrigée et réimprimée —

**iteh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 3891:1978](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dd3acb4-15fc-4c69-bd56-4c219093b46a/iso-3891-1978)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dd3acb4-15fc-4c69-bd56-4c219093b46a/iso-3891-1978>

---

CDU 534.6 : 629.135 : 725.39

Réf. n° : ISO 3891-1978 (F)

**Descripteurs** : acoustique, bruit d'aéronef, bruit d'avion à réaction, bruit de fond, bruyance, aéroport, zone d'habitation, essai acoustique, mesurage acoustique, règle de calcul, résultats d'essai.

Prix basé sur 24 pages

## 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 confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique correspondant. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO, participent également aux travaux.

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.

La Norme internationale ISO 3891 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 43, *Acoustique*, et a été soumise aux comités membres en juin 1975.

Les comités membres des pays suivants l'ont approuvée :

|           |                  |                 |
|-----------|------------------|-----------------|
| Allemagne | France           | Pays-Bas        |
| Australie | Hongrie          | Pologne         |
| Autriche  | Inde             | Royaume-Uni     |
| Belgique  | Iran             | Suède           |
| Brésil    | Irlande          | Suisse          |
| Bulgarie  | Israël           | Tchécoslovaquie |
| Canada    | Japon            | Turquie         |
| Danemark  | Mexique          | U.S.A.          |
| Espagne   | Norvège          |                 |
| Finlande  | Nouvelle-Zélande |                 |

Le comité membre du pays suivant l'a désapprouvée pour des raisons techniques :

Afrique du Sud, Rép. d'

Cette Norme internationale annule et remplace les Recommandations ISO/R 507-1970 et ISO/R 1761-1970 dont elle constitue une révision technique.

## SOMMAIRE

Page

|   |  |    |
|---|--|----|
| 1 | Objet . . . . .  | 1  |
| 2 | Domaine d'application . . . . .  | 1  |
| 3 | Références . . . . .   | 2  |
| 4 | Mesurages requérant une analyse spectrale en fonction du temps . . . . . | 2  |
| 5 | Mesurages requérant seulement un filtre de pondération . . . . .         | 7  |
| 6 | Application à des besoins spécifiques . . . . .                          | 10 |

### Annexes

|   |  |    |
|---|--|----|
| A | Atténuation du son par l'air . . . . .   | 13 |
| B | Tableaux pour le calcul du niveau de bruit perçu. . . . .                          | 20 |
| C | Exemple d'application de la méthode de calcul de la correction de sons purs        | 25 |
| D | Intervalles de confiance de la moyenne de petites séries d'échantillons de données | 26 |

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dd3acb24-15f6-4c69-bd56-4c219093b46a/iso-3891-1978>

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

Page blanche

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 3891:1978

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dd3acbf4-15fc-4c69-bd56-4c219093b46a/iso-3891-1978>

# Acoustique — Méthode de représentation du bruit perçu au sol produit par un aéronef

## 1 OBJET

La présente Norme internationale fournit un mode de représentation du bruit perçu au sol produit par des mouvements d'aéronefs.

1.1 Elle fournit les quatre phases à suivre pour la caractérisation du bruit produit par un mouvement déterminé d'un aéronef, à savoir :

1) Acquisition des données : la méthode de mesurage et d'enregistrement du bruit.

2) Traitement des données : la méthode de détermination, à partir de ces données, des valeurs correspondantes sur l'échelle d'évaluation appropriée.

3) Normalisation des données : la méthode de correction pour ramener les données mesurées à celles correspondant aux conditions atmosphériques et opérationnelles de référence.

4) Présentation des résultats : la méthode de présentation des résultats d'essai, y compris leur signification statistique.

Ces spécifications sont établies pour deux catégories de mesurage :

a) Celle requérant une analyse spectrale en fonction du temps, comme pour la certification acoustique des aéronefs, pour laquelle une grande reproductibilité des résultats normalisés est requise.

NOTE — Les spécifications décrites ici ne correspondent pas à la technique la plus évoluée. Des techniques plus poussées sont nécessaires et sont utilisées, par exemple, lors des travaux de recherche et développement sur le bruit des aéronefs.

b) Celle requérant seulement une pondération en fréquence, pour laquelle le mesurage est simplifié pour un moindre coût.

1.2 Elle fournit également une méthode de détermination d'un indice d'exposition au bruit produit par une succession de mouvements d'aéronefs pendant une durée déterminée. Ces résultats peuvent être utilisés pour évaluer les effets du bruit des aéronefs sur les individus, à l'aide des méthodes spécifiées dans l'ISO/R 1996, par exemple.

1.3 Elle examine également les besoins spécifiques pour lesquels ces méthodes peuvent être utilisées, tels que la certification acoustique, le contrôle des niveaux de bruit et de l'exposition au bruit, et l'utilisation des sols.

## 2 DOMAINE D'APPLICATION

La présente Norme internationale est applicable d'une façon générale à la description du bruit produit par toutes sortes d'opérations d'aéronefs.

2.1 Deux types d'utilisation sont retenus :

- a) aéronef en vol;
- b) aéronef au sol.

2.2 Deux genres d'application du mesurage sont retenus :

- a) caractérisation d'événements isolés, tels que la mesure du bruit produit par un seul aéronef selon des exigences déterminées, ou le contrôle du bruit sur un aéroport;
- b) détermination de l'exposition au bruit produite par une succession d'événements.

2.3 Deux conditions de perception du bruit sont examinées :

- a) lorsque le bruit des aéronefs domine toutes les autres sources de bruit, de manière qu'il puisse être évalué en négligeant les autres sources de bruit;
- b) lorsque le bruit des aéronefs est l'une des sources de bruit affectant une communauté au même titre que le bruit du trafic routier ou le bruit industriel, par exemple.

### 3 RÉFÉRENCES

ISO/R 1996, *Acoustique — Estimation du bruit par rapport aux réactions des collectivités.*

ISO 1999, *Acoustique — Estimation de l'exposition au bruit durant le travail en vue de la protection de l'audition.*

Publication CEI 179, *Sonomètres de précision.*

Publication CEI 537, *Pondération en fréquence pour la mesure du bruit des aéronefs (pondération D).*

Publication CEI 561, *Équipements électroacoustiques de mesure pour la certification acoustique des aéronefs.*

### 4 MESURAGES REQUÉRANT UNE ANALYSE SPECTRALE EN FONCTION DU TEMPS

#### 4.1 Acquisition des données

L'instrumentation et les méthodes spécifiées dans ce paragraphe doivent être utilisées pour fournir les informations nécessaires sur le bruit produit par l'aéronef au point d'observation.

##### 4.1.1 Instrumentation et étalonnage

Le microphone doit être placé de manière que le centre de son diaphragme soit situé à 1,2 m au-dessus du niveau moyen du sol. Un écran antivent devrait être utilisé.

NOTE — La hauteur de 1,2 m a été retenue dans la présente Norme internationale afin de conserver la cohérence avec les modes opératoires spécifiés dans les autres documents ISO.

Tous les mesurages doivent être effectués en plaçant le diaphragme du microphone approximativement dans le plan défini par la trajectoire nominale de l'aéronef et du point de mesure (incidence rasante).

La chaîne de mesure électroacoustique du microphone à l'enregistreur magnétique (quand il est utilisé), et son étalonnage, spécifiés dans la Publication CEI 561, doivent être utilisés.

##### 4.1.2 Environnement d'essai

L'environnement d'essai idéal serait représenté par un hémisphère ne contenant pas d'obstacle, à sol plat et parfaitement réfléchissant, sans atténuation excessive due à des conditions atmosphériques anormales et sans bruit de fond. Lors des essais réels, les écarts par rapport à ces conditions idéales ne devraient pas provoquer de différence supérieure à 0,5 dB sur le résultat. Pour satisfaire cette clause, les conditions minimales suivantes doivent être remplies :

4.1.2.1 Les points de mesure du bruit d'un aéronef en vol doivent être implantés sur un terrain relativement plat, ne présentant pas de caractéristiques d'absorption excessive

du son, telles que celles que peuvent causer de l'herbe dense, de hautes herbes, des broussailles ou des bois. Il ne doit y avoir aucun obstacle qui puisse influencer sensiblement le champ sonore de l'aéronef à l'intérieur d'un volume conique ayant son sommet au sol au point de mesure, son axe perpendiculaire au sol et un demi-angle au sommet de 80°.

#### NOTES

1 Le sol entourant le microphone sur une surface de 6 m X 6 m devrait être en béton ou en un matériau équivalent à haut pouvoir réfléchissant. Pour les mesurages effectués sous la trajectoire nominale, le microphone devrait être placé près du centre du carré. Pour les autres mesurages, le microphone devrait être placé de façon qu'il y ait au moins 5 m de la surface réfléchissante entre l'aéronef et le point de mesure. La surface située à l'intérieur d'un cercle centré sur la position du microphone, de rayon 1 m, devrait être plane avec une tolérance de  $\pm 5$  mm; partout ailleurs dans le carré, la surface devrait être plane avec une tolérance de  $\pm 30$  mm. La surface totale du carré devrait être horizontale avec une tolérance de  $\pm 3^\circ$ .

2 De tels obstacles peuvent être également être constitués par les personnes procédant aux mesurages.

3 Le support du microphone devrait être conçu de manière à exercer une influence minimale sur les caractéristiques de directivité du microphone et à ne pas introduire d'effets de diffraction appréciables.

Pour les mesurages concernant les opérations de l'aéronef au sol, la surface du sol entre le microphone et l'aéronef doit être en béton ou en un matériau équivalent à haut pouvoir réfléchissant. Aucun obstacle important ne doit exister pendant les opérations de mesurage entre le point de mesure et l'aéronef. Aucune surface réfléchissante autre que le sol ne doit se trouver dans le voisinage de la trajectoire sonore assez près pour avoir une influence sur les résultats.

4.1.2.2 Les conditions atmosphériques doivent répondre aux spécifications suivantes :

- a) Il ne doit pas y avoir de précipitations.
- b) Pour les humidités relatives inférieures à 20 %, la température ambiante ne doit pas être inférieure à 5 °C.
- c) L'atténuation atmosphérique, donnée par la formule du chapitre A.2 de l'annexe A pour la bande de tiers d'octave centrée sur 8 kHz, ne doit pas dépasser 10 dB pour 100 m. Les limitations correspondantes relatives à la température et à l'humidité sont indiquées à la figure 1.

Note — On devrait aussi éviter, dans toute la mesure du possible, les valeurs de la température et de l'humidité relative représentées par la région située sous la bande interdite, car la formule de l'atténuation atmosphérique n'a pas été vérifiée expérimentalement pour ces valeurs.

d) La vitesse du vent, à 10 m au-dessus du sol, ne doit pas être supérieure à 5 m/s (10 nœuds).

NOTE — Des conditions atmosphériques anormales introduisant une atténuation excessive du son peuvent se produire lorsqu'il existe des conditions d'inversion de température et d'humidité, ou lorsque la température et la vitesse du vent sont associées d'une manière non homogène avec des turbulences atmosphériques, et aussi lorsqu'il y a un vent excessif ou des précipitations.

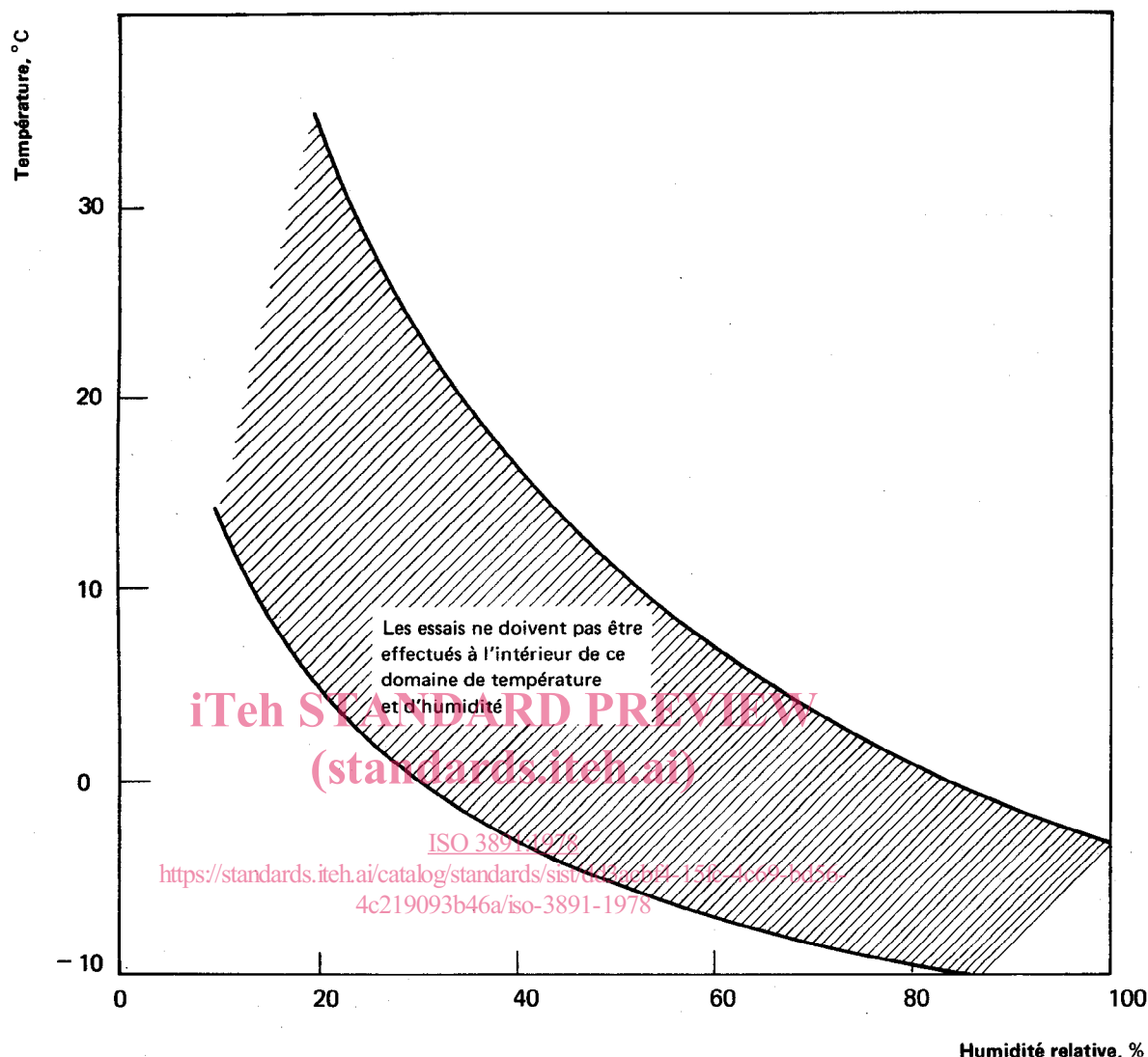


FIGURE 1 — Conditions admissibles de température et d'humidité relative dans un environnement d'essai, conformément à 4.1.2.2 c)

**4.1.2.3** Le bruit de fond doit être enregistré avant et après chaque essai. Il doit être analysé et traité selon la même méthode de calcul que le bruit de l'aéronef. Les mesures de bruit d'un aéronef ne seront considérées comme valables que si le niveau maximal mesuré du bruit de l'aéronef dépasse les niveaux de bruit de fond d'au moins 20 dB.

NOTE — Pour le calcul du niveau global de bruit de l'aéronef (voir, par exemple, 4.2.2), on devrait ajuster les niveaux des bandes particulières pour tenir compte du bruit de fond. En raison des incertitudes et des fluctuations qui affectent souvent le bruit de fond, il n'est pas possible de spécifier un mode de correction valable dans tous les cas.

Cependant, il est recommandé que si, dans l'une quelconque des bandes de tiers d'octave, le niveau de pression acoustique mesuré ne dépasse pas le niveau du bruit de fond d'une valeur suffisante, par exemple 5 dB, cette bande de fréquence ne devrait pas être prise en considération dans le calcul du niveau global de bruit.

## 4.2 Traitement des données

L'instrumentation et les méthodes spécifiées dans ce paragraphe doivent être utilisées pour déterminer, à partir des résultats des mesurages, les valeurs de l'échelle d'évaluation qui convient pour caractériser le phénomène acoustique mesuré.

### 4.2.1 Instrumentation nécessaire pour procéder à une analyse spectrale en fonction du temps

L'instrumentation et son étalonnage, spécifiés dans la Publication CEI 561, doivent être utilisés. (Voir 4.1.1.)

NOTE — Un appareillage ayant un temps de réponse plus rapide devrait être utilisé lorsqu'on recherche des informations détaillées sur l'évolution, en fonction du temps, des bruits de très courte durée.

**4.2.2 Calcul du niveau de bruit perçu à partir des valeurs mesurées**

**4.2.2.1 GRANDEURS ET UNITÉS**

Les méthodes de calcul spécifiées dans ce paragraphe doivent être utilisées pour obtenir, à partir des mesures, les niveaux de bruit perçus,  $L_{PN}$  et  $L_{TPN}$ , exprimés en décibels, d'un bruit donné.

**NOTES**

1 La désignation «PNL» est parfois utilisée dans d'autres documents comme abréviation de l'expression «niveau de bruit perçu», l'unité étant désignée par «PNdB»; ici, le «niveau de bruit perçu» est désigné par  $L_{PN}$  et l'unité est le décibel (dB).

De même, la désignation «PNLT» est parfois utilisée dans d'autres documents comme abréviation de l'expression «niveau acoustique corrigé», l'unité étant désignée par «PNdB»; ici, le «niveau acoustique corrigé» est désigné par  $L_{TPN}$  et l'unité est le décibel (dB).

2 Le calcul de valeurs relatives à d'autres échelles d'évaluation, comme le niveau de pression acoustique pondéré A,  $L_A$ , peut être effectué à partir de l'analyse spectrale, si on le désire.

Ces méthodes de calcul donnent une approximation du niveau de bruit perçu déterminé par des expériences subjectives sur une base fondamentale psycho-acoustique; cela signifie que le niveau de bruit perçu d'un son donné est numériquement égal au niveau de pression acoustique d'un son de référence dont les auditeurs estiment qu'il a la même «bruyance perçue» que le son donné.

L'unité de bruyance perçue utilisée dans ces méthodes de calcul est le noy. La valeur numérique de la bruyance perçue d'un son dans une bande de fréquence donnée, en noys, est en relation avec le niveau de pression acoustique de la bande. La relation est donnée dans le tableau 13 et illustrée par la figure 2, et la relation équivalente notée dans le tableau 14 (annexe B).

NOTE — Cette méthode de calcul ne permet pas de tenir compte de façon adéquate de l'effet subjectif produit par un bruit à caractère fortement impulsif, tel qu'il peut être produit par un hélicoptère; le problème est en cours d'étude.

**4.2.2.2 MÉTHODE DE CALCUL POUR UN SPECTRE DE BRUIT À LARGE BANDE SANS IRRÉGULARITÉS PRONONCÉES**

Le niveau de bruit perçu est calculé de la manière suivante :

**PREMIÈRE ÉTAPE**

Le niveau de pression acoustique à chaque instant, dans chaque bande de tiers d'octave de 50 à 10 000 Hz, est converti en «bruyance perçue»,  $n$ , à l'aide du tableau 13 ou de la relation mathématique et du tableau 14, en repérant dans le tableau 13 ou en introduisant dans le calcul la fréquence médiane appropriée.

**DEUXIÈME ÉTAPE**

Les valeurs de «bruyance»,  $n$ , trouvées dans la première étape sont combinées pour obtenir la «bruyance totale»,  $N$ , en noys, à l'aide de la formule

$$N = n_{\max} + 0,15 (\sum n - n_{\max})$$

où

$n_{\max}$  est la plus grande valeur de  $n$ ;

$\sum n$  est la somme des valeurs de «bruyance» dans toutes les bandes.

**TROISIÈME ÉTAPE**

$N$  est convertie en niveau de bruit perçu,  $L_{PN}$ , à l'aide du tableau 15 (annexe B) qui explicite la relation suivante entre  $N$ , en noys, et  $L_{PN}$ , en décibels :

$$N = 2 (L_{PN} - 40)/10$$

ou

$$L_{PN} = 40 + \frac{10 \log_{10} N}{\log_{10} 2}$$

**4.2.2.3 CORRECTIONS EN CAS D'IRRÉGULARITÉS PRONONCÉES DANS LE SPECTRE (PAR EXEMPLE SONS PURS)**

Le niveau acoustique corrigé pour les sons purs à chaque instant,  $L_{TPN}$ , pour un son ayant des composantes discrètes ou d'autres irrégularités prononcées dans le spectre, est obtenu en ajoutant une correction  $C$  définie ci-après au niveau de bruit perçu  $L_{PN}$  déterminé précédemment. (L'illustration des étapes suivantes est donnée dans l'annexe C.)

NOTE — Si une irrégularité dans le spectre exigeant une correction de sons purs est décelée, il est conseillé de déterminer si la cause en est la présence d'un son pur ou une perturbation comme celle apportée par des réflexions sur le sol ou par l'élimination d'une bande de fréquence comme il est demandé en 4.1.2.3. L'effet de réflexion sur le sol peut être déterminé, par exemple, en comparant le spectre du signal du bruit avec celui obtenu à l'aide d'un microphone situé au même emplacement, mais fixé au ras du sol. Si cette correction provient de perturbations, elle devrait être abandonnée pour le calcul du  $L_{TPN}$ .

**PREMIÈRE ÉTAPE**

Calculer  $D_{j,j}$ , où

$i$  est le numéro d'une bande de tiers d'octave, et  $j = i + 1$ ;

$i = 1$  correspond à la bande de fréquence médiane 80 Hz, et les valeurs successives de  $i$  correspondent à des fréquences croissantes;

$L_j$  est le niveau de pression acoustique dans la bande de fréquence numérotée  $j$ ;

$D_{j,i}$  est la différence arithmétique entre les niveaux  $L_j$  pour les bandes de fréquence numérotées  $j$  et  $i$ .

**DEUXIÈME ÉTAPE**

Entourer les valeurs de  $D_{j,i}$  pour lesquelles

$$|D_{j,i} - D_{j-1,i-1}| > 5 \text{ dB}$$



## TROISIÈME ÉTAPE

- a) Si la valeur entourée de  $D_{j,i}$  est positive et algébriquement supérieure à  $D_{j-1,i-1}$ , entourer  $L_j$ .
- b) Si la valeur entourée de  $D_{j,i}$  est nulle ou négative et si  $D_{j-1,i-1}$  est positive, entourer  $L_j$ .

## QUATRIÈME ÉTAPE

- a) Pour toutes les valeurs de  $L_j$  non entourées, poser  $L'_i = L_i$ .
- b) Pour les valeurs entourées de  $L_j$ , prendre  $L'_i$  égal à la moyenne arithmétique de  $L_{j-1}$  et  $L_{j+1}$ .

Si la valeur du niveau de pression acoustique dans la bande de fréquence la plus élevée est entourée, prendre  $L'_{22} = L_{21} + D_{21,20}$ .

## CINQUIÈME ÉTAPE

Calculer  $D'_{j,i}$ , où  $D'_{j,i}$  est la différence arithmétique entre les niveaux  $L'_i$  pour les bandes de fréquence numérotées  $j$  et  $i$ .

## SIXIÈME ÉTAPE

Calculer la moyenne arithmétique  $\bar{D}'_{j,i}$  de  $D'_{j-1,i-1}$ ,  $D'_{j,i}$  et  $D'_{j+1,i+1}$ .

Pour  $i = 1$ , prendre  $D'_{j-1,i-1} = D'_{j,i}$ .

Pour  $i = 21$ , prendre  $D'_{j+1,i+1} = D'_{j,i}$ .

## SEPTIÈME ÉTAPE

Prendre  $\bar{L}_1 = L_1$ . Déterminer toutes les autres valeurs de  $\bar{L}_j$  en ajoutant  $\bar{D}'_{j,i}$  à  $\bar{L}_i$ .

## HUITIÈME ÉTAPE

Calculer  $F_j$ , où

$$F_j = (L_j - \bar{L}_j) > 0$$

## NEUVIÈME ÉTAPE

Déterminer la correction de sons purs,  $C$ , à l'aide des équations suivantes :

$$\left. \begin{array}{l} C = F/3 \quad 0 \leq F < 20 \\ C = 6,7 \quad 20 \leq F \end{array} \right\} \text{ pour les bandes de tiers d'octave entre 500 et 5 000 Hz.}$$

$$\left. \begin{array}{l} C = F/6 \quad 0 \leq F < 20 \\ C = 3,3 \quad 20 \leq F \end{array} \right\} \text{ pour les bandes de tiers d'octave entre 50 et 10 000 Hz, mais extérieures à l'intervalle 500 à 5 000 Hz.}$$

## DIXIÈME ÉTAPE

La valeur maximale de  $C$  obtenue à la neuvième étape définit la correction de sons purs à ajouter au niveau de bruit perçu, déterminé selon 4.2.2.2, pour obtenir  $L_{TPN}$ .

## 4.2.3 Calcul du niveau effectif de bruit perçu

## 4.2.3.1 DÉFINITION DU NIVEAU EFFECTIF DE BRUIT PERÇU

L'effet subjectif total produit par le passage d'un aéronef dépend non seulement du niveau maximal acoustique corrigé pour les sons purs,  $L_{TPNmax}$ , mais aussi de l'évolution du bruit dans le temps.

Pour prendre en considération l'influence de la durée, le niveau effectif de bruit perçu,  $L_{EPN}$ , est défini par l'équation

$$L_{EPN} = 10 \log_{10} \frac{1}{T_0} \int_{-\infty}^{+\infty} 10^{L_{TPN}/10} dt$$

où

$L_{TPN}$  est le niveau acoustique corrigé pour les sons purs, calculé selon les méthodes spécifiées en 4.2.2.1, 4.2.2.2 et 4.2.2.3;

$$T_0 = 101.$$

Le niveau effectif de bruit perçu peut aussi s'exprimer comme la somme algébrique de  $L_{TPNmax}$  et d'une grandeur liée à la durée,  $\Delta'_{PN}$  ou  $\Delta''_{PN}$ , définie en 4.2.3.4.

## NOTES

1 La grandeur  $L_{TPN}$  utilisée dans les définitions précédentes peut être remplacée par  $L_{PN}$  s'il est établi que les corrections de sons purs peuvent être négligées.

2 La désignation «EPNL» est parfois utilisée dans d'autres documents comme abréviation de l'expression «niveau effectif de bruit perçu», l'unité étant désignée par «EPNdB»; ici, le «niveau effectif de bruit perçu» est désigné par  $L_{EPN}$  et l'unité est le décibel (dB).

## 4.2.3.2 DÉFINITION DE BASE DU FACTEUR DE DURÉE

La *durée équivalente*,  $\tau$ , en secondes, est définie comme étant le temps  $\tau$  durant lequel l'énergie<sup>1)</sup> intégrée d'un bruit de niveau constant égal au niveau maximal  $L_{max}$  observé est égale à l'énergie intégrée totale du bruit considéré dont le niveau instantané est  $L$ . On a

$$\tau \times 10^{L_{max}/10} = \int_{-\infty}^{+\infty} 10^{L/10} dt$$

Le facteur de durée,  $\Delta$ , exprimé en décibels, est défini comme étant le rapport de  $\tau$  et d'une *durée de référence* choisie arbitrairement,  $\tau_{ref}$ , en secondes. On a

$$\Delta = 10 \log_{10} (\tau / \tau_{ref})$$

Lorsque le symbole  $L$  précédent est utilisé pour le calcul du niveau effectif de bruit perçu, il peut représenter soit le niveau de bruit perçu,  $L_{PN}$ , soit le niveau de bruit perçu corrigé pour les sons purs,  $L_{TPN}$ , suivant le cas. Dans les autres cas (voir 5.2), il peut représenter un niveau de bruit pondéré.

1) Le terme «énergie» est utilisé ici au sens large pour désigner une grandeur proportionnelle au carré de la pression acoustique.

4.2.3.3 DURÉE DE RÉFÉRENCE

Par convention, pour le calcul du niveau effectif de bruit perçu, la valeur de  $\tau_{ref}$ , dans l'expression du facteur de durée, sera égale à 10 s.

NOTE — Dans d'autres cas, il est recommandé d'utiliser une durée de référence différente [voir, par exemple, 5.2.1 b)].

4.2.3.4 DÉFINITION PRATIQUE DU FACTEUR DE DURÉE

a) Pour des raisons pratiques,  $L_{TPN}$  doit être intégré sur un intervalle de temps ( $t_2 - t_1$ ) au cours duquel la valeur instantanée de  $L_{TPN}$  reste supérieure ou égale à une valeur spécifiée (inférieure ou égale à  $L_{TPNmax} - 10$  dB).

NOTE — L'intervalle de temps ( $t_2 - t_1$ ) doit être considéré comme le temps total entre l'instant  $t_1$  où le niveau de bruit (pour un événement isolé) devient pour la première fois supérieur au niveau spécifié (par exemple  $L_{TPNmax} - 10$  dB) et l'instant  $t_2$  où le niveau de bruit devient pour la dernière fois inférieur au niveau spécifié.

La durée équivalente,  $\tau'$ , est alors donnée, en secondes, par la formule

$$\tau' \times 10^{L_{TPNmax}/10} = \int_{t_2}^{t_1} 10^{L_{TPN}/10} dt$$

et le facteur de durée pratique,  $\Delta'_{PN}$ , en décibels, par la formule

$$\Delta'_{PN} = 10 \log_{10} (\tau'/\tau_{ref})$$

où  $\tau_{ref}$  est égale à 10 s, comme il est indiqué en 4.2.3.3.

b) Lorsque le niveau de bruit est fourni sous forme de valeurs discrètes de  $L_{TPN}$  pour des intervalles de temps  $\Delta t$  suffisamment courts (inférieurs ou égaux à 0,5 s), la durée équivalente  $\tau''$  est donnée, en secondes, par la formule

$$\tau'' \times 10^{L_{TPNmax}/10} = \Delta t \times \sum_k 10^{L_{TPNk}/10}$$

où  $L_{TPNk}$  est la valeur de  $L_{TPN}$  pour le  $k^{\text{ème}}$  intervalle de temps durant lequel  $L_{TPN}$  est supérieur à la valeur minimale considérée.

Le facteur de durée,  $\Delta''_{PN}$ , est alors donné, en décibels, par la formule

$$\Delta''_{PN} = 10 \log_{10} (\tau''/\tau_{ref})$$

où  $\tau_{ref}$  est égale à 10 s.

NOTE — La sommation peut aussi s'effectuer pour des valeurs de  $\Delta t$  correspondant à des intervalles discrets (inférieurs ou égaux à 0,5 dB) de  $L_{TPN}$ .

4.3 Normalisation des données

Les écarts entre les conditions d'essai (dans lesquelles le bruit a été mesuré) et les conditions de référence (pour

lesquelles les résultats sont requis), exigent que les niveaux soient ajustés pour aboutir aux valeurs de  $L_{EPN}$ , pour tenir compte des quatre effets suivants :

a) L'atténuation du son dans l'air est affectée non seulement par l'atténuation géométrique du son, mais aussi par les différences entre les coefficients d'atténuation du son par l'air.

Les valeurs des coefficients d'atténuation en fonction de la température et de l'humidité, ainsi que la méthode de mesurage des conditions météorologiques, sont données dans l'annexe A.

NOTE — Compte tenu des limitations imposées sur les conditions atmosphériques en 4.1.2.2, les ajustements dus aux différences entre les coefficients d'atténuation atmosphérique pour les conditions d'essai et pour les conditions de référence sont limités. Pour les conditions de référence généralement considérées (25 °C et 70 % d'humidité relative), l'ajustement est limité à 5 dB pour 100 m dans la bande de tiers d'octave centrée sur 8 kHz; de même, pour une autre condition de référence : 15 °C et 70 % d'humidité relative, l'ajustement est limité à 4 dB pour 100 m.

b) Les réajustements de trajectoires provoquent des écarts sur la distance parcourue par le bruit, donc sur son atténuation (atténuation géométrique et absorption atmosphérique) et sur sa durée (proportionnelle à la distance la plus courte entre le point de mesure et la trajectoire réelle de l'aéronef).

Les informations concernant la position et les conditions opérationnelles de l'aéronef doivent être enregistrées en synchronisme avec les données acoustiques, afin de déterminer la distance réelle parcourue par le bruit entre son point d'émission et le point de mesure.

c) Les réajustements de vitesse de l'aéronef au-dessus du point de mesure nécessitent des corrections sur la durée du bruit (inversement proportionnelle à la vitesse).

d) Les écarts dans l'émission du bruit par la source sonore constituée par l'aéronef.

Des ajustements appropriés doivent être déduits des renseignements fournis par le constructeur.

NOTE — Lorsque la source de bruit à mesurer est vue sous un angle inférieur à 10° par rapport à la surface du sol, il est difficile d'évaluer les effets de sol. Les méthodes de normalisation des données spécifiées dans la présente Norme internationale ne couvrent pas ces conditions.

4.4 Compte rendu des résultats

4.4.1 Tous les détails des conditions d'essai et des résultats de tous les essais doivent être consignés, y compris

a) les conditions atmosphériques afférentes (les vitesses maximale, minimale et moyenne du vent, ainsi que sa direction doivent être fournies);

b) des observations sur la topographie locale, sur la nature du sol et sur ce qui peut avoir eu une influence sur les résultats;

c) la configuration de l'aéronef (par exemple les positions des hypersustentateurs et du train d'atterrissage), la procédure de vol et les conditions opérationnelles associées (y compris l'emploi de systèmes qui influent sur la puissance du moteur), ainsi que les relevés de position de l'aéronef durant la période de temps considérée;

d) les détails sur l'instrumentation utilisée pour le relevé de la trajectoire, le mesurage du bruit et son analyse;

e) les résultats acoustiques observés, les ajustements à appliquer à ces résultats et les valeurs ajustées.

**4.4.2** Le nombre des essais doit être suffisant pour chaque type d'opération, afin de pouvoir établir la validité statistique des résultats.

La moyenne arithmétique des valeurs normalisées des niveaux effectifs de bruit perçus obtenues pour chaque type d'opération doit être calculée. Les résultats moyennés de cette manière devraient fournir un intervalle de confiance à 90 % inférieur à  $\pm 1,0$  dB, établi statistiquement pour six essais. L'intervalle de confiance de la valeur moyenne d'une série de mesures peut être calculé à partir de l'écart-type des valeurs mesurées, en fonction du nombre de mesures, à partir du tableau 16 (annexe D).

## 5 MESURAGES REQUÉRANT SEULEMENT UN FILTRE DE PONDÉRATION

La sophistication des mesurages et des modes opératoires d'essai a été réduite en ce qui concerne les spécifications contenues dans ce chapitre (comparées avec celles du chapitre 4) pour des raisons de simplicité et de moindre coût. Les principales simplifications portent sur la suppression de l'analyse par bande de tiers d'octave et sur la lecture directe des données moyennées. En conséquence, les résultats ne peuvent pas être généralement normalisés pour les variations de conditions atmosphériques, et ne peuvent être normalisés que de façon approchée pour les variations de distance.

Les spécifications contenues dans ce chapitre sont applicables dans toutes les conditions dont il est question au chapitre 2, c'est-à-dire pour les aéronefs en vol et les aéronefs au sol, pour la caractérisation d'événements isolés et le calcul d'indices d'exposition au bruit, lorsque le bruit de l'aéronef domine celui de l'environnement ou lorsqu'on le caractérise parmi d'autres bruits.

### 5.1 Acquisition des données

L'instrumentation et les méthodes spécifiées dans ce paragraphe doivent être utilisées pour fournir les informations nécessaires sur le bruit produit par l'aéronef au point d'observation.

#### 5.1.1 Instrumentation nécessaire lorsque seul le niveau maximal de bruit d'un événement isolé est requis

Un sonomètre muni d'un microphone omnidirectionnel conforme à la Publication CEI 179, avec la caractéristique dynamique dite «à réponse lente», avec un filtre de pondération D<sup>1)</sup> ou A selon le besoin (voir 5.2), doit être employé en tenant compte de toute perte d'insertion due aux écrans antivent ou autres protections fixées autour du microphone.

Dans certains cas spéciaux, par exemple pour des aéronefs volant à basse altitude à grande vitesse, la caractéristique dynamique «rapide» peut être nécessaire pour obtenir une mesure plus représentative.

#### NOTES

1 Pour les microphones utilisés pour le contrôle permanent des niveaux de bruit résultant des opérations d'aéronefs, l'effet des protections mentionnées précédemment peut être tel que les spécifications contenues dans la Publication CEI 179 sur la directivité du microphone ne soient pas complètement satisfaites. La perte de précision résultante peut être considérée comme acceptable dans ce cas si l'efficacité du microphone, pour des ondes sonores planes arrivant suivant des incidences inférieures à 45° par rapport à la direction d'étalonnage, ne diffère pas de plus de 1 dB pour les fréquences inférieures à 1 000 Hz, 2 dB pour les fréquences comprises entre 1 000 et 4 000 Hz, et 4 dB pour les fréquences comprises entre 4 000 et 11 200 Hz, de l'efficacité pour des ondes sonores planes arrivant suivant d'autres incidences inférieures à ce même angle de 45°.

2 D'autres instruments de mesure peuvent être employés s'ils répondent aux mêmes caractéristiques.

#### 5.1.2 Instrumentation nécessaire lorsque la variation du niveau de bruit durant une période de temps donnée est requise

Un système d'enregistrement doit être utilisé. Ses caractéristiques doivent être telles que les valeurs enregistrées des niveaux acoustiques pondérés en fonction du temps ne diffèrent pas de plus de 1 dB de celles qui auraient été obtenues à l'aide d'un enregistreur ayant des caractéristiques conformes au chapitre 4.

NOTE — Lorsque seul le niveau de bruit intégré sur une période de temps donnée est requis, l'enregistreur peut être remplacé par un système intégrateur ayant des performances équivalentes.

#### 5.1.3 Contrôle d'efficacité acoustique

L'efficacité globale du système de mesure doit être contrôlée avant ou après le mesurage des niveaux de bruit d'une séquence d'opérations d'aéronefs, en utilisant un appareil d'étalonnage acoustique produisant un niveau de pression acoustique connu à une fréquence connue.

NOTE — Un pistonphone produisant un niveau nominal de 124 dB à 250 Hz est généralement utilisé dans ce but. Dans le cas d'emplacements éloignés ou inaccessibles, le microphone peut être équipé d'une source sonore étalonnée.

1) Voir Publication CEI 537.

5.1.4 Environnement d'essai

L'environnement d'essai idéal serait représenté par un hémisphère ne contenant pas d'obstacles, à sol plat et parfaitement réfléchissant, sans atténuation excessive due à des conditions atmosphériques anormales et sans bruit de fond.

NOTE — Pour le contrôle continu des niveaux de bruit provenant d'opérations d'aéronefs, ces exigences d'essai ne sont pas souvent satisfaites. La dispersion des résultats de mesurage peut alors être très importante (voir 5.4.3).

Lors des essais réels, les écarts par rapport à ces conditions idéales ne devraient pas provoquer de différence supérieure à 0,5 dB sur le résultat. Pour satisfaire cette clause, les conditions minimales suivantes doivent être remplies :

5.1.4.1 Les points de mesure du bruit d'un aéronef en vol doivent être implantés sur un terrain relativement plat, ne présentant pas de caractéristiques d'absorption excessive du son, telles que celles que peuvent causer de l'herbe dense, de hautes herbes, des broussailles ou des bois. Il ne doit y avoir aucun obstacle qui puisse influencer sensiblement le champ sonore de l'aéronef à l'intérieur d'un volume conique ayant son sommet au sol au point de mesure, son axe perpendiculaire au sol et un demi-angle au sommet de 80°.

NOTES

1 De tels obstacles peuvent également être constitués par les personnes procédant aux mesurages.

2 Le support du microphone devrait être conçu de manière à exercer une influence minimale sur les caractéristiques de directivité du microphone et à ne pas introduire d'effets de diffraction appréciables.

Pour les mesurages concernant les opérations de l'aéronef au sol, la surface du sol entre le microphone et l'aéronef doit être en béton ou en un matériau équivalent à haut pouvoir réfléchissant. Aucun obstacle important ne doit exister pendant les opérations de mesurage entre le point de mesure et l'aéronef. Aucune surface réfléchissante autre que le sol ne doit se trouver dans le voisinage de la trajectoire sonore, assez près pour avoir une influence sur les résultats.

5.1.4.2 Les conditions atmosphériques doivent répondre aux spécifications suivantes :

- a) Il ne doit pas y avoir de précipitations.
- b) L'humidité relative ne doit pas être supérieure à 90 %, ni inférieure à 30 %.
- c) La vitesse du vent, à 10 m au-dessus du sol, ne doit pas être supérieure à 5 m/s (10 nœuds).

5.1.4.3 Le bruit de fond doit être enregistré avant et après chaque essai. Il doit être analysé et traité selon la même méthode de calcul que le bruit de l'aéronef. Les mesures de bruit d'un aéronef ne seront considérées comme valables que si le niveau maximal mesuré du bruit de l'aéronef dépasse les niveaux de bruit de fond d'au moins 20 dB.

5.2 Traitement des données

Les méthodes de mesurage spécifiées en 5.1 fournissent les valeurs des niveaux acoustiques pour chaque événement de bruit mesuré. Les méthodes spécifiées dans ce paragraphe doivent être employées pour fournir les valeurs sur l'échelle d'évaluation appropriée caractérisant chaque événement de bruit mesuré et l'exposition au bruit pour une succession d'événements.

Lorsque le bruit de l'aéronef est la source de bruit prépondérante, les mesures appropriées du bruit sont exprimées par les valeurs approchées du  $L_{PN}$  et du  $L_{EPN}$  (voir 4.2.2) lorsqu'il s'agit respectivement d'un niveau de bruit et d'un niveau d'exposition d'un événement isolé, et du  $L_{PNeq}$  lorsqu'il s'agit de l'exposition au bruit produite par une succession d'événements, comme il est décrit ci-après.

NOTE — Cependant, pour certains cas particuliers (voir, par exemple, ISO 1999), des mesures exprimées par  $L_A$  devraient être utilisées.

Lorsque le bruit de l'aéronef est considéré comme une source de bruit parmi d'autres, les mesures doivent être exprimées par le niveau  $L_A$ , conformément à l'ISO/R 1996 et être associées à un niveau d'exposition pondéré A pour un événement isolé,  $L_{AX}$ , par analogie avec  $L_{EPN}$ , lorsqu'il s'agit d'un événement isolé et  $L_{eq}$  lorsqu'il s'agit de l'exposition au bruit produite par une succession d'événements. Le niveau acoustique équivalent pondéré A durant une période de temps,  $T$ , est donné par la formule

ISO 3891:1978

$$L_{eq} = 10 \log_{10} \frac{1}{T} \int_0^T 10^{L_A/10} dt$$

Une forme approximative de cette expression est donnée dans l'ISO/R 1996.

NOTE — Ces mesures ne permettent pas de tenir compte de façon adéquate de l'effet subjectif produit par un bruit à caractère fortement impulsif.

5.2.1 Méthodes de calcul de  $L_{EPN}$  (approx.) et  $L_{AX}$

a) Méthode de calcul de  $L_{EPN}$  (approx.)

Des valeurs approchées du niveau effectif de bruit perçu peuvent être obtenues à partir d'une valeur maximale approchée du niveau de bruit perçu,  $L_{PN}(\text{approx.})_{max}$ , et d'un facteur de durée approprié.  $L_{PN}(\text{approx.})_{max}$  est obtenu à partir de la valeur maximale du niveau acoustique pondéré  $D^{(1)}$ ,  $L_{Dmax}$ , en lui ajoutant 7 dB.

NOTE — L'adjonction d'une correction de sons purs comme en 4.2.2.3 n'est pas compatible avec la méthode de calcul spécifiée dans ce paragraphe.

$L_{EPN}(\text{approx.})$  est obtenu par l'addition, à  $L_{PN}(\text{approx.})_{max}$ , d'un facteur de durée,  $\Delta_{PN}$ , défini fondamentalement en 4.2.3.2 et donné, en décibels, par la formule

$$\Delta_{PN} = 10 \log_{10} (\tau/\tau_{ref})$$

1) Voir Publication CEI 537.