

---

---

**Acoustique — Bruit des stands de tir —  
Partie 3:  
Calcul de la propagation du son**

*Acoustics — Noise from shooting ranges —  
Part 3: Sound propagation calculations*

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

[ISO 17201-3:2019](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fbb81e2-ed6f-40bd-8a0f-c472b4836e70/iso-17201-3-2019)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fbb81e2-ed6f-40bd-8a0f-c472b4836e70/iso-17201-3-2019>



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

ISO 17201-3:2019

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ffb81e2-ed6f-40bd-8a0f-c472b4836e70/iso-17201-3-2019>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2019

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée 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 401 • Ch. de Blandonnet 8  
CH-1214 Vernier, Genève  
Tél.: +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)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

<b>Avant-propos</b> .....	<b>iv</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>v</b>
<b>1 Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3 Termes et définitions</b> .....	<b>1</b>
<b>4 Modélisation de la source</b> .....	<b>3</b>
4.1 Généralités.....	3
4.2 Bruit à la bouche.....	3
4.2.1 Contexte.....	3
4.2.2 Situation de champ libre.....	3
4.2.3 Situation de champ non libre.....	3
4.3 Bruit du projectile.....	6
<b>5 Calcul de propagation</b> .....	<b>6</b>
5.1 Généralités.....	6
5.2 Application de l'ISO 9613-2 en champ libre.....	6
5.3 Application de l'ISO 9613-2 dans des situations de champ non libre.....	8
5.4 Modèles élaborés.....	9
<b>6 Conversion des niveaux d'exposition sonore</b> .....	<b>10</b>
<b>7 Incertitudes</b> .....	<b>11</b>
<b>Annexe A (normative) Cas de référence pour les abris de tir équipés d'écrans</b> .....	<b>12</b>
<b>Annexe B (informative) Approches de modélisation élaborée</b> .....	<b>28</b>
<b>Annexe C (informative) Modélisation de scénarios de tir — Exemples de stands de tir</b> .....	<b>37</b>
<b>Annexe D (informative) Incertitudes</b> .....	<b>58</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>62</b>

## 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 (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier, de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir [www.iso.org/brevets](http://www.iso.org/brevets)).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir [www.iso.org/avant-propos](http://www.iso.org/avant-propos).

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 43, *Acoustique*, sous-comité SC 1, *Bruit*.

Cette seconde édition annule et remplace la première édition (ISO 17201-3:2010), dont elle constitue une révision mineure. Les modifications par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- les [Formules \(B.1\)](#) et [\(B.3\)](#) ont été corrigées par l'insertion de  $F_0$ ;
- des corrections mineures ont été apportées à l'[Annexe C](#).

Une liste de toutes les parties de la série ISO 17201 se trouve sur le site web de l'ISO.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse [www.iso.org/fr/members.html](http://www.iso.org/fr/members.html).

## Introduction

L'initiative d'élaborer une norme sur le bruit impulsionnel des stands de tir a été prise par l'Association des Fabricants Européens de Munitions pour le tir Sportif (AFEMS) en avril 1996, sous la forme d'une proposition officielle faite au CEN. Après consultation au CEN en 1998, le CEN/TC 211, *Acoustique*, a demandé à l'ISO/TC 43, *Acoustique*, sous-comité SC 1, *Bruit*, d'élaborer l'ISO 17201 (toutes les parties).

Le présent document fournit des recommandations pour le calcul de la propagation du bruit de tir émis par les stands de tir. En l'absence de lignes directrices, règles ou réglementations locales ou nationales sous-entendant ou spécifiant un mode opératoire de calcul, et si aucun modèle de propagation plus élaboré n'est disponible, l'ISO 9613-2 peut être appliquée, à condition de satisfaire aux recommandations du présent document.

L'énergie acoustique émise par la détonation à la bouche est généralement mesurée ou calculée pour les conditions en champ libre et montre souvent une forte directivité. Dans de nombreux cas, les armes à feu sont utilisées dans des stands de tir qui possèdent des structures telles que des abris de tir, des murs ou des barrières de sécurité. Les décharges tirées par les armes, particulièrement les fusils de chasse, peuvent parfois être dirigées dans des directions variées, par exemple dans les fosses et les skeets où la direction du tir est dictée par la trajectoire de vol des plateaux. Le présent document recommande des méthodes d'adaptation des données sources pour une utilisation avec l'ISO 9613-2 afin d'obtenir un relevé d'ensemble des niveaux sonores attendus au voisinage des stands de tir.

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

[ISO 17201-3:2019](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fb81e2-ed6f-40bd-8a0f-c472b4836e70/iso-17201-3-2019)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fb81e2-ed6f-40bd-8a0f-c472b4836e70/iso-17201-3-2019>

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

ISO 17201-3:2019

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ffb81e2-ed6f-40bd-8a0f-c472b4836e70/iso-17201-3-2019>

# Acoustique — Bruit des stands de tir —

## Partie 3: Calcul de la propagation du son

### 1 Domaine d'application

Le présent document spécifie des méthodes de prévision des niveaux d'exposition sonore pour un tir individuel en un point de réception donné. Il donne des lignes directrices pour calculer d'autres indices acoustiques à partir du niveau d'exposition sonore. Les prévisions s'appuient sur la distribution angulaire de l'énergie acoustique émise par la détonation à la bouche, telle que définie dans l'ISO 17201-1 ou calculée à partir des valeurs de l'ISO 17201-2.

Le présent document couvre les armes de calibre inférieur à 20 mm et des charges explosives de moins de 50 g d'équivalent TNT, à des distances où les valeurs de crête de la pression acoustique — y compris la contribution du bruit du projectile — sont inférieures à 1 kPa (154 dB).

NOTE Des réglementations nationales ou autres, éventuellement plus strictes, peuvent s'appliquer.

### 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 9613-2:1996, *Acoustique — Atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre — Partie 2: Méthode générale de calcul*

ISO 17201-1:2018, *Acoustique — Bruit des stands de tir — Partie 1: Mesurage de l'énergie sonore en sortie de bouche*

Guide ISO/IEC 98-3<sup>1)</sup>, *Incertitude de mesure — Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995)*.

### 3 Termes et définitions

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

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>;
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>.

#### 3.1

##### source de substitution

substitution d'une source sonore et de son *abri de tir* (3.4) par une source modèle sans abri de tir placée au centre de l'ouverture de l'abri de tir pour simuler l'émission dans la direction du point de réception

1) Le Guide ISO/IEC 98-3 est publié en tant que nouvelle édition du Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM) de 1995.

**3.2**

**barrière de sécurité**

barrière <de stand de tir> conçue pour arrêter les projectiles quittant le stand

**3.3**

**écran de protection**

barrière <de stand de tir> suspendue conçue pour arrêter les projectiles quittant le stand

**3.4**

**abri de tir**

structure construite dans le but de protéger les tireurs et leurs équipements des précipitations et du vent, avec une ouverture qui permet de tirer sur une cible située en terrain découvert

**3.5**

**stand de tir**

endroit clos aménagé pour des *positions de tir* (3.7) et les cibles correspondantes qui, en fonction de la conception, peut comprendre des éléments tels qu'un *abri de tir* (3.4), des *barrières de sécurité* (3.2), des *écrans de protection* (3.3) et des zones dangereuses

**3.6**

**champ de tir**

entité organisationnelle constituée d'un ou plusieurs *stands de tir* (3.5) et des bâtiments et infrastructures associés

**3.7**

**poste de tir**

emplacement du tireur dans le *stand de tir* (3.5)

**3.8**

**bruit d'impact**

bruit produit par l'impact du projectile sur la cible

**3.9**

**point de diffraction**

point situé au sommet d'une barrière qui fournit la plus courte longueur de trajet pour le son qui se propage par-dessus la barrière jusqu'au point de réception

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 17201-3:2019  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fbb81e2-ed6f-40bd-8a0f-c472b4836e70/iso-17201-3-2019>



## 4 Modélisation de la source

### 4.1 Généralités

Les grandeurs de base à utiliser sont la distribution angulaire de l'énergie acoustique émise par la source  $S_q(\alpha)$  et le niveau de distribution angulaire de l'énergie acoustique émise par la source  $L_q(\alpha)$  comme défini dans l'ISO 17201-1. L'angle entre la ligne de tir et la ligne qui joint la bouche au point de réception est désigné par  $\alpha$ . Si l'arme est déchargée en champ libre,  $S_q(\alpha)$  peut être utilisé pour décrire le bruit à la bouche. En cas de tir à la carabine, le bruit du projectile doit être inclus (voir 4.3). Des sources de substitution peuvent être utilisées pour les situations en abri et pour l'incorporation de la réflexion et de la diffraction afin de calculer les niveaux de réception comme s'il s'agissait d'une situation en champ libre. Le bruit de l'impact du projectile sur la cible peut généralement être négligé. Le présent document ne s'applique pas aux projectiles contenant une charge qui détone au contact de la cible.

### 4.2 Bruit à la bouche

#### 4.2.1 Contexte

Pour les situations de champ non libre (un abri ouvert, par exemple), le modèle de propagation de l'ISO 9613-2 est insuffisant et des modèles de propagation ainsi que des modes opératoires de calcul plus élaborés sont nécessaires. L'Annexe A présente un cas de référence et une démonstration de la manière dont des approximations élaborées de la propagation du son (voir l'Annexe B) peuvent être utilisées pour décrire les sons émis par un tel stand, en s'appuyant sur les données en champ libre relatives aux niveaux de distribution angulaire de l'énergie acoustique émise par la source. L'émission sonore est alors exprimée par la distribution angulaire de l'énergie acoustique émise par une source de substitution placée à un emplacement représentatif en avant ou au-dessus de l'abri de tir. Tous les calculs supplémentaires du niveau de pression acoustique sont réalisés comme spécifié à l'Article 5 par un point d'émission dont la directivité est indépendante du champ de tir (ou du stand), qui peut être formé par un abri, des écrans, des parois latérales, etc.

#### 4.2.2 Situation de champ libre

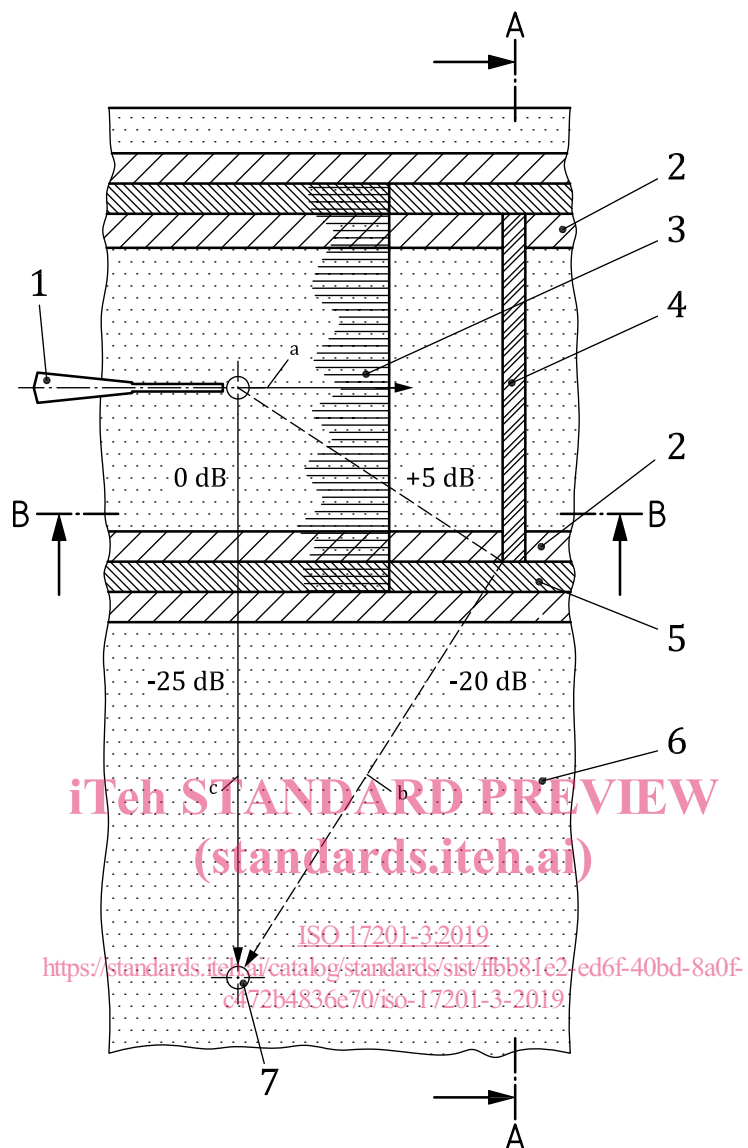
Si l'arme étudiée est utilisée à l'extérieur d'un abri de tir ou d'une structure similaire, utiliser directement le niveau de distribution angulaire de l'énergie acoustique émise par la source  $L_q(\alpha)$  d'une combinaison spécifique arme/munition. Si le coup de feu est tiré avec une surface réfléchissante à proximité du tireur, prendre en compte la réflexion. La directivité doit être ajustée en conséquence. Si l'arme peut tirer dans différentes directions horizontales et verticales, prendre en compte séparément ces directions. Des exemples de situations en champ libre sont décrits à l'Annexe C.

#### 4.2.3 Situation de champ non libre

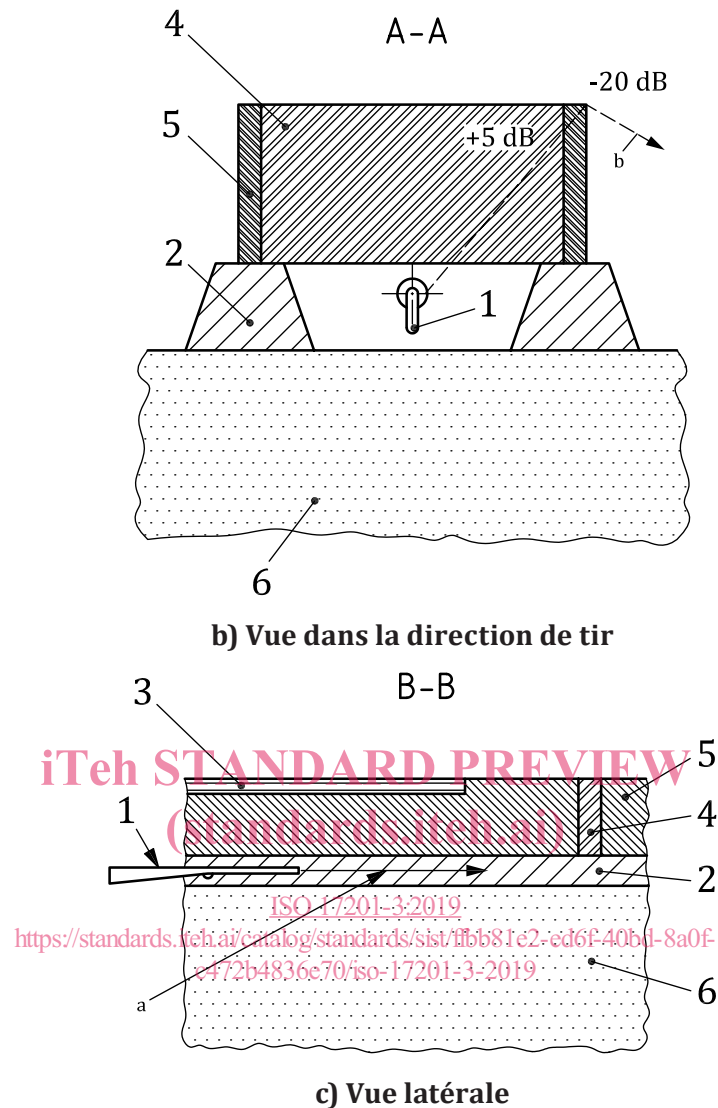
##### 4.2.3.1 Abri de tir

Dans ce cas, le coup de feu est tiré dans un abri (voir l'Annexe B, par exemple). Une partie de l'énergie rayonnée due au bruit à la bouche est absorbée par les parois et le sol. En présence d'écrans et de parois latérales, prendre en compte les réflexions par le sol, les parois latérales et les écrans (voir l'Annexe A). Un plafond absorbant situé à l'intérieur de l'abri peut être considéré comme une technique de pointe. L'énergie restante est émise à travers l'ouverture de l'abri. Par conséquent, les données de champ libre ne doivent pas être utilisées directement. S'il ne se produit pas d'absorption dans l'abri ni au droit des écrans, le cas de référence n'est pas un modèle approprié pour décrire l'énergie acoustique émise.

La Figure 1 illustre un abri avec les parois latérales et les écrans de protection suspendus.



a) Vue de dessus

**Légende**

- |   |                     |   |                    |
|---|---------------------|---|--------------------|
| 1 | arme/carabine       | 7 | point de réception |
| 2 | merlon latéral      | a | Direction du tir.  |
| 3 | toit                | b | Son diffracté.     |
| 4 | écran de protection | c | Son atténué.       |
| 5 | barrière            |   |                    |
| 6 | sol                 |   |                    |

**Figure 1 — Cas d'un abri de tir et illustration des effets de diffraction sur le trajet de propagation**

#### 4.2.3.2 Situations plus complexes

Dans des cas plus complexes avec des champs de tir différents, tels qu'un poste de trappe et de skeet associé à des champs de tir pour des armes de petits et gros calibres, il peut s'avérer nécessaire d'inclure un plus grand nombre de sources et de sources de substitution pour modéliser correctement la situation. Ces sources sont considérées comme non homogènes. En revanche, les réflexions sont considérées comme homogènes si, au point de réception, le délai entre le bruit à la bouche et ses réflexions est inférieur à 3 ms. Elles doivent alors être modélisées comme étant une seule source de substitution. Si la prévision porte sur des niveaux de pondération temporelle F, les sources de substitution peuvent combiner plusieurs trajets du son dans un délai inférieur à  $(125/2)$  ms.

NOTE 62,5 ms est la moitié de la constante de temps exponentiel pour la pondération temporelle F (125 ms) comme spécifié en 5.8.1 de l'IEC 61672-1:2013.

### 4.3 Bruit du projectile

La modélisation du bruit du projectile est spécifiée dans l'ISO 17201-2 et dans l'ISO 17201-4. L'ISO 17201-4 donne également des lignes directrices pour le calcul de la propagation du bruit du projectile, dans la mesure où celle-ci diffère de la propagation du bruit provenant d'autres sources. Cela signifie qu'il est aussi possible d'utiliser l'ISO 9613-2, pour l'atténuation  $A_{\text{excess}}$  du bruit du projectile. Les autres paramètres d'atténuation, tels que la divergence, l'absorption de l'air et l'atténuation non linéaire, sont spécifiés dans l'ISO 17201-4. En champ libre, notamment devant l'arme lorsque la distance à la trajectoire est faible, le bruit du projectile peut être une source pertinente pour le niveau d'exposition sonore du bruit de tir. Si un coup de feu est tiré dans un stand de tir, le bruit du projectile a en général une importance mineure dans l'estimation du niveau d'exposition sonore au point de réception. Par contre, si des mesures sont prises pour réduire l'émission sonore du bruit à la bouche, le bruit du projectile peut alors devenir un facteur dominant.

## 5 Calcul de propagation

ISO 17201-3:2019

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fbb81e2-ed6f-40bd-8a0f-c472b4836e70/iso-17201-3-2019>

### 5.1 Généralités

Le calcul de la propagation peut être effectué en utilisant des modèles de tracé de rayons ou des modèles plus élaborés qui tiennent compte de conditions météorologiques spécifiques. Pour calculer  $L_{\text{eq}}$  à long terme, les résultats sont pondérés par rapport à la fréquence d'occurrence des conditions météorologiques pertinentes pour les périodes d'utilisation du champ de tir.

### 5.2 Application de l'ISO 9613-2 en champ libre

L'ISO 9613-2 n'est pas applicable aux bruits de tir et ne tient pas compte des variations de la pression acoustique en fonction du temps pendant la propagation. Elle ne peut donc pas donner des résultats pour les métriques pondérées en temps, telles que  $L_{\text{Fmax}}$  (voir l'Article 6). L'ISO 9613-2 ne tient pas correctement compte des effets des conditions météorologiques sur la propagation du son pour des distances supérieures à 1 km. En outre, il n'est pas recommandé d'utiliser l'ISO 9613-2 si le spectre au point de réception est dominé par des fréquences inférieures à 100 Hz.

Toutefois, l'ISO 9613-2 peut être appliquée pour modéliser la propagation du bruit de tir si des modifications sont introduites.

Le niveau de puissance acoustique et la directivité doivent être remplacés par le niveau distribution angulaire de l'énergie acoustique émise par la source et le niveau ambiant par le niveau d'exposition sonore résultant  $L_E(f)$  au point de réception d'un tir spécifique dans des conditions favorables de propagation du son.

Le niveau d'exposition sonore d'un unique coup de feu s'obtient grâce à:

$$L_E(f) = L_q(\alpha, f) - A_{\text{div}}(r) + 11 \text{ dB} - A_{\text{atm}}(r, f) - A_{\text{bar}}(r, f) - A_{\text{sol}}(r, f) - A_z(r, f) - A_{\text{divers}}(r, f) \quad (1)$$

où

$L_q(\alpha, f)$	est le niveau de distribution angulaire de l'énergie acoustique émise par la source de la combinaison arme/munition considérée, en décibels;
$r$	$r$ est la distance entre la source ou la source de substitution, $P(x_0, y_0, z_0)$ , et le point de réception $P(x, y, z)$ ;
$\alpha$	est l'angle entre la ligne de tir et la ligne qui joint la source au point de réception $P(x, y, z)$ , sous réserve que cette dernière ligne ne coupe pas une barrière;
$f$	est la fréquence centrale d'une bande de fréquences, en Hertz;
$A_{\text{div}}$	est la correction de la dispersion géométrique, en décibels;
$A_{\text{atm}}$	est l'absorption par l'air, conformément à l'ISO 9613-1, en décibels;
$A_{\text{bar}}$	est l'atténuation par une barrière, conformément à l'ISO 9613-2, en décibels;
$A_{\text{sol}}$	est l'atténuation par sol, conformément à l'ISO 9613-2, en décibels;
$A_z$	est une correction en cas de conditions météorologiques anormales [voir l'ISO 3741, [2] l'ISO 3745, [3] l'ISO 9614-3 [4] et la Formule (11) de l'ISO 17201-1:2018];
$A_{\text{divers}}$	est une correction des divers autres effets, conformément à l'ISO 9613-2, en décibels.

Pour ce qui concerne  $\alpha$ , si le son est affecté par une barrière, d'autres calculs pour chaque point de diffraction sont nécessaires. L'angle  $\alpha$  qui sert à obtenir  $L_q(\alpha, f)$  est l'angle entre la ligne de tir et la ligne qui joint le point d'émission au point de diffraction considéré. Cette approche diffère de celle de l'ISO 9613-2.

La perte d'insertion  $A_{\text{bar}}$  est rapportée au niveau d'exposition sonore dans la direction du point de diffraction (voir l'exemple de l'[Annexe C](#)) pour la même distance entre le point de réception et le point d'émission (voir la Référence [11]).

Pour inclure l'effet de sol et déterminer  $A_{\text{sol}}$ , 7.3.1 de l'ISO 9613-2:1996 peut être utilisé. Il est également possible d'utiliser 7.3.2 de l'ISO 9613-2:1996, auquel cas il est nécessaire d'ajouter un terme supplémentaire  $D_\Omega$  à  $L_q(\alpha, f)$ .  $D_\Omega$  peut être déterminé à l'aide de la Formule (11) de l'ISO 9613-2:1996 ou encore défini à 3 dB.

Le calcul de  $L_q(x, y, z, f)$  pour une ouverture d'abri est spécifié en [5.3](#).

Le niveau d'exposition sonore à long terme est obtenu au moyen de:

$$L_{E, \text{long terme}} = L_E - C_{\text{met}} \quad (2)$$

La façon d'obtenir  $C_{\text{met}}$  dépend fortement de la définition des conditions atmosphériques adoptée pour le calcul du niveau d'exposition sonore  $L_E(f)$ . S'il est nécessaire de calculer  $L_{\text{eq}}$  à long terme, prendre en compte les conditions météorologiques à long terme. Si cette information n'est pas disponible, la valeur de  $C_{\text{met}}$  pour  $L_{A, \text{eq}}$  à long terme peut être déterminée conformément à la Formule (22) de l'ISO 9613-2:1996, avec  $C_0 = 5$  dB. En appliquant des modèles de tracé de rayons et des statistiques à

long terme relatives à la direction du vent, à la vitesse du vent et à la stabilité atmosphérique, il est possible d'obtenir une valeur plus exacte des niveaux à long terme (voir les Références [12] et [13]).

NOTE La valeur de 5 dB pour  $C_0$  résulte de l'hypothèse que les conditions de propagation du son sont favorables un tiers du temps.

En cas d'application de l'ISO 9613-2, les limitations suivantes sont constatées:

- pour des distances longues, l'ISO 9613-2 a tendance à surestimer le niveau d'exposition sonore à long terme  $L_{E, \text{long terme}}$  pendant la journée (voir la Référence [14]);
- en conditions de vent porteur, l'effet des écrans peut être surestimé en raison de l'écoulement d'air induit au sommet de l'écran (voir la Référence [15]);
- pendant la journée, l'atténuation de la barrière tend à être plus élevée en comparaison à la valeur obtenue par l'ISO 9613-2 (voir la Référence [16]);
- l'ISO 9613-2 ne considère pas la diffraction séparément de l'effet d'écran. Toutefois, le son diffracté par l'écran de protection par exemple (voir la Figure 1) peut apporter une contribution majeure au niveau du point de réception.

La dispersion n'est prise en compte que de manière approximative. Dans des situations dans lesquelles les sources sonores sont bien protégées, cet effet peut constituer une contribution majeure au niveau global au point de réception.

### 5.3 Application de l'ISO 9613-2 dans des situations de champ non libre

Pour le calcul de l'immission sonore dans une situation de champ non libre, des modèles plus évolués de propagation du son sont nécessaires (voir 5.4). Les calculs avec ces modèles sont généralement très chronophages. Même si la distance entre le stand de tir et le point de réception ne dépasse pas quelques centaines de mètres, le calcul sur toutes les fréquences prend trop de temps pour être utilisé pour la cartographie des niveaux sonores.

Ainsi, l'introduction du concept de source de substitution permet l'utilisation de logiciels largement répandus pour l'établissement de cartes de niveaux sonores. Un modèle élaboré calcule le niveau d'exposition sonore  $L_E(f)$  en quelques points de réception  $(x, y, z)$  pertinents pour l'immission, suffisamment loin de l'abri pour permettre la substitution de la source d'origine et de son voisinage direct par un point d'émission avec des caractéristiques de directivité. Il convient que la distance entre le stand et le point de réception représente au moins deux fois la dimension la plus grande du stand. La position de la source de substitution par rapport au niveau de distribution angulaire de l'énergie acoustique émise par la source  $L_{q,S}(x, y, z, f)$  pour ce site de réception et d'autres est choisie de manière qu'elle se situe au milieu de l'ouverture par laquelle passe la majeure partie de l'énergie acoustique. Pour un simple abri sans barrière ni écran, le point d'émission est choisi au milieu de l'ouverture de l'abri. Pour des stands dotés d'un abri, de barrières et d'écrans, la position est choisie au centre de la première ouverture (voir la Figure B.1, point P).

Les niveaux calculés peuvent également être choisis sur un cercle et le niveau de distribution angulaire de l'énergie acoustique émise par la source peut alors être calculé conformément aux modes opératoires spécifiés pour le mesurage dans l'ISO 17201-1.

Le niveau de distribution angulaire de l'énergie acoustique émise par la source de substitution  $L_{q,S}(\alpha, f)$  s'obtient à partir du niveau d'exposition, à l'aide de la Formule (3):

$$L_{q,S}(\alpha, f) = L_E(x, y, z, f) - 11 \text{ dB} + A_{\text{div}}(r) \quad (3)$$

où

- $L_E(x, y, z, f)$  est le niveau d'exposition sonore pour la fréquence  $f$  au point  $P(x, y, z)$ , obtenu par la méthode des éléments limites (BEM, boundary element method) ou une méthode analogue (voir l'[Annexe B](#)), exprimé en décibels;
- $A_{div}(r)$  est la correction de la divergence géométrique entre la position présumée de la source et le point  $P(x, y, z)$ , exprimée en décibels;
- $r$  est la distance entre la position de la source de substitution choisie et  $P(x, y, z)$ , en mètres.

Dans ce modèle, la source de substitution remplace la source originale et son voisinage direct. Si seule la direction de  $\alpha$  revêt de l'importance, la [Formule \(1\)](#) peut être appliquée directement. Si la directivité s'avère nécessaire, par exemple pour l'établissement de cartes des niveaux sonores, utiliser le mode opératoire spécifié dans l'ISO 17201-1.  $A_{atm}$ ,  $A_{bar}$ ,  $A_{sol}$ ,  $A_{divers}$  sont exclues du calcul de  $L_{q,S}(\alpha)$ . Ne prendre en compte les effets de barrière, etc. que pour les barrières qui ne sont pas incluses dans le calcul utilisant le modèle élaboré.

La [Figure 1](#) montre un abri de tir type avec des écrans suspendus et des parois latérales. L'[Annexe A](#) donne le niveau d'exposition sonore pour un coup de feu tiré dans un tel abri. Ce niveau a été calculé par la méthode des éléments limites (BEM) sur un sol dur pour plusieurs hauteurs et positions dans le voisinage. La réflexion par le sol a été incluse dans le cas de référence et  $A_{atm}$ ,  $A_{bar}$  ainsi que  $A_{divers}$  sont nulles par hypothèse.

Pour les situations existantes, il est recommandé de vérifier le modèle élaboré choisi par mesurage du niveau d'exposition sonore au point de réception, à condition que les conditions réelles de propagation pendant les mesurages soient bien définies. La réflexion par le sol a été incluse dans le calcul de la propagation à l'extérieur de l'abri. S'assurer que le même type de surface est utilisé pour un modèle élaboré et pour l'application de l'ISO 9613-2.

#### 5.4 Modèles élaborés

ISO 17201-3:2019

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fbb81e2-ed6f-40bd-8a0f->

Dans les situations de champ non libre, il est nécessaire de recourir à des modèles de calcul plus élaborés — par rapport à celui de l'ISO 9613-2. Il convient d'utiliser les méthodes des éléments limites (BEM), les modèles de tracé de rayons, les modèles d'onde ou leurs combinaisons, dans lesquels la réflexion, la diffraction et la diffusion du son peuvent être prises en compte en détail (voir l'[Annexe A](#), l'[Annexe B](#) et les Références [17],[18],[19] et[20]).

Un cas de référence est décrit à l'[Annexe A](#) pour un abri comme celui illustré à la [Figure A.1](#). Ce cas a été calculé par la méthode des éléments limites (BEM).

Si d'autres méthodes ou approximations sont utilisées, telles que:

- l'approximation de Kirchhoff (voir [B.2](#)), ou
- des modèles de tracé de rayons (voir [B.3](#)),

s'assurer que les niveaux d'exposition sonore du cas de référence de l'[Annexe A](#) à 100 Hz et 200 Hz sont reproduits sans écart significatif par les niveaux du modèle élaboré. Pour des distances deux fois plus grandes, il convient que les niveaux du modèle ne soient ni supérieurs à +5 dB ni inférieurs à - 1 dB par rapport à ceux du cas de référence:

$$L_{référence} + 5 \text{ dB} > L_{modèle} > L_{référence} - 1 \text{ dB} \quad (4)$$

avec une probabilité inférieure à 5 %.