
**Acoustique — Bruit des stands de tir —
Partie 1:
Mesurage de l'énergie sonore en sortie
de bouche**

Acoustics — Noise from shooting ranges —

Part 1: Determination of muzzle blast by measurement

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 17201-1:2005

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/26a3e108-c47a-4c54-9278-cdbed99f82c6/iso-17201-1-2005>



PDF – Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 17201-1:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/26a3e108-c47a-4c54-9278-cdbed99f82c6/iso-17201-1-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/26a3e108-c47a-4c54-9278-cdbed99f82c6/iso-17201-1-2005>

© ISO 2005

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, 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 et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax. + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction.....	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	2
4 Arme et munition	5
4.1 Généralités	5
4.2 Arme	5
4.3 Munition	6
4.4 Paramètre balistique	7
4.5 Contexte de l'essai	7
4.6 Autres fonctions et dispositifs	8
5 Concept de base pour le mesurage et l'analyse	8
5.1 Généralités	8
5.2 Grandeur à mesurer	8
5.3 Niveau de distribution angulaire de l'énergie acoustique émise par la source	10
5.4 Niveau de distribution interpolée angulaire de l'énergie acoustique émise par la source	10
5.5 Niveau d'énergie acoustique émise par la source	11
5.6 Directivité	11
6 Site de mesurage	11
6.1 Site	11
6.2 Conditions météorologiques	12
7 Planification des mesurages	12
7.1 Observations d'ordre général	12
7.2 Arme	12
7.3 Position de mesure	13
7.4 Appareillage de mesure	13
7.5 Traitement du bruit émis par un projectile	13
8 Étalonnage et validation	14
9 Méthodes de mesure	14
9.1 Généralités	14
9.2 Correction de la réflexion par le sol	14
10 Contrôle du mode d'aménagement du dispositif de mesure	14
11 Incertitude de mesure	15
11.1 Généralités	15
11.2 Méthode empirique	16
12 Rapport	17
Annexe A (informative) Glossaire des armes légères	18
Annexe B (informative) Exemple	31
Annexe C (informative) Directives pour l'incertitude de mesure	39
Bibliographie	42

Avant-propos

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

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

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

L'attention est appelée 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.

L'ISO 17201-1 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 43, *Acoustique*, sous-comité SC 1, *Bruit*.

L'ISO 17201 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Acoustique — Bruit des stands de tir*:

- iTeh STANDARD PREVIEW**
(standards.iteh.ai)
- <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/26a3e108-c47a-4c54-9278-cdbed99f82c6/iso-17201-1-2005>
- *Partie 1: Mesurage de l'énergie sonore en sortie de bouche*
 - *Partie 2: Calcul de l'énergie sonore en sortie de bouche et du bruit du projectile*
 - *Partie 4: Estimation du bruit du projectile*

Les parties suivantes sont en cours d'élaboration:

- *Partie 3: Lignes directrices pour le calcul de la propagation sonore*
- *Partie 5: Gestion du bruit d'un champ de tir*

L'initiative de préparer une norme sur le bruit impulsionnel des stands de tir a été prise par l'AFEMS, l'association européenne des fabricants de munitions pour le sport, en avril 1996, par soumission d'une proposition formelle au CEN. Après consultation au CEN en 1998, le CEN/TC 211, *Acoustique*, a demandé à l'ISO/TC 43/SC 1, *Bruit*, de préparer la série de norme ISO 17201.

Introduction

Afin d'obtenir des données fiables pour la prévision des niveaux de bruit émis par les tirs et perçus à un point donné, il est nécessaire de déterminer l'énergie sonore d'émission en sortie de bouche. La détonation est produite par les gaz de la charge propulsive éjectés par le canon d'une arme ; dans la plupart des cas, le gaz est expulsé à une vitesse supersonique. A proximité de la bouche, la pression acoustique est très élevée et ne peut être décrite en termes d'acoustique linéaire. Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 17201, la zone non linéaire est définie grâce à l'observation d'un niveau de pression acoustique de crête de 154 dB ou plus. La présente partie de l'ISO 17201 définit par quelle méthode l'énergie sonore et la directivité en sortie de bouche peuvent être obtenues du mesurage des niveaux d'exposition sonore et de quelle manière ces mesurages doivent être effectués. L'énergie acoustique émise, sa directivité et sa structure spectrale peuvent servir à l'établissement de modèles de propagation du son pour l'évaluation du bruit ambiant. Elle ne peut être utilisée pour les calculs des niveaux d'exposition sonore à proximité de l'arme, par exemple, pour apprécier les lésions causées aux personnes ou aux animaux.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 17201-1:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/26a3e108-c47a-4c54-9278-cdbed99f82c6/iso-17201-1-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/26a3e108-c47a-4c54-9278-cdbed99f82c6/iso-17201-1-2005>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 17201-1:2005

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/26a3e108-c47a-4c54-9278-cdbed99f82c6/iso-17201-1-2005>

Acoustique — Bruit des stands de tir —

Partie 1:

Mesurage de l'énergie sonore en sortie de bouche

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 17201 spécifie une méthode permettant de déterminer l'énergie sonore émise en sortie de bouche pour des armes de calibres inférieurs à 20 mm ou des charges explosives de moins de 50 g d'équivalent TNT. Elle est applicable à des distances où les valeurs de crête de pression acoustique observées sont inférieures à 1 kPa (équivalent à un niveau de pression acoustique de crête de 154 dB). L'énergie sonore émise, la directivité de la source et leur structure spectrale, déterminées par ce mode opératoire, peuvent être utilisées en tant que données d'entrée pour les modes de propagation du son permettant la prédiction du bruit généré par les tirs au voisinage des stands de tir. En outre, les données peuvent servir à comparer le bruit émis par différents types d'armes ou différents types de munitions utilisées par la même arme.

La présente partie de l'ISO 17201 concerne les armes utilisées dans les stands de tir mais elle peut également s'appliquer aux armes utilisées à usage militaire. Elle n'est pas applicable pour les besoins d'une évaluation des dommages auditifs ou des niveaux sonores dans la zone non linéaire.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 9613-1, *Acoustique — Atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre — Partie 1: Calcul de l'absorption atmosphérique*

CEI 60942:2003, *Électroacoustique — Calibreurs acoustiques*

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

1) Révision fusionnée de la CEI 60651 et de la CEI 60804.

3 Termes et définitions

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

3.1 pression acoustique instantanée

p
pression instantanée totale à un point en présence d'une onde sonore moins la pression statique à ce point

NOTE La pression acoustique instantanée est exprimée en pascals.

3.2 niveau de pression acoustique

L_p
dix fois le logarithme décimal du carré du rapport d'une pression acoustique efficace donnée à la pression acoustique de référence

NOTE 1 La pression acoustique de référence est égale à 20 µPa.

NOTE 2 Le niveau de pression acoustique est exprimé en décibels.

NOTE 3 Le niveau de pression acoustique peut être pondéré en fréquence ou en fonction du temps.

3.3 pression acoustique de crête

p_{peak}
valeur maximale absolue de la pression acoustique instantanée qui se produit pendant un intervalle de temps spécifié

NOTE La pression acoustique de crête est exprimée en pascals.

3.4 niveau de pression acoustique de crête

L_{peak}
dix fois le logarithme décimal du carré du rapport de la pression acoustique de crête à la pression acoustique de référence qui est égale à 20 µPa

NOTE Le niveau de pression acoustique de crête est exprimé en décibels.

3.5 durée d'événement

T
intervalle de temps déclaré suffisamment long pour englober l'ensemble du son significatif d'un événement spécifié

NOTE La durée d'événement est exprimée en secondes.

3.6 exposition sonore

E
intégrale temporelle de la pression acoustique instantanée élevée au carré et pondérée en fréquence

$$E = \int_T p^2(t) dt \quad (1)$$

NOTE L'exposition sonore est exprimée en pascal·carré·seconde (Pa²s).

3.7**niveau d'exposition sonore** L_E

dix fois le logarithme décimal du rapport de l'exposition sonore, E , à l'exposition sonore de référence, E_0 , l'exposition sonore étant l'intégrale temporelle du carré variable en fonction du temps de la pression acoustique instantanée pondérée en fréquence pendant un intervalle de temps, T , ou un événement spécifié

$$L_E = 10 \lg \left(\frac{E}{E_0} \right) \text{ dB} \quad (2)$$

NOTE E_0 est égale au carré de la pression acoustique de référence de 20 μPa multiplié par un intervalle de temps de 1 s (400 $\mu\text{Pa}^2 \cdot \text{s}$).

3.8**énergie acoustique émise par la source** Q

énergie acoustique totale produite pendant la durée de l'événement

NOTE 1 L'énergie acoustique émise par la source est exprimée en joules.

NOTE 2 La référence à 1 s permet d'obtenir la puissance acoustique L_W d'un événement répété comme défini dans l'ISO 9613-2.

3.9**niveau d'énergie acoustique émise par la source** L_Q

dix fois le logarithme décimal du rapport de l'énergie acoustique émise par la source, Q , à l'énergie acoustique de référence émise par la source, Q_0

$$L_Q = 10 \lg \left(\frac{Q}{Q_0} \right) \text{ dB} \quad (3)$$

où

$$Q_0 = 10^{-12} \text{ J}$$

NOTE Le niveau d'énergie acoustique émise par la source est exprimé en décibels.

3.10**distribution angulaire de l'énergie acoustique émise par la source** $S_q(\alpha)$

énergie acoustique rayonnée par la source en champ lointain par unité d'angle solide

NOTE 1 L'énergie acoustique rayonnée par la source dans les limites d'un cône étroit centré sur la direction α est

$$S_q(\alpha) = \frac{dQ}{d\Omega} \quad (4)$$

NOTE 2 Ω est l'angle solide exprimé en stéradians.

NOTE 3 La distribution angulaire de l'énergie acoustique émise par la source $S_q(\alpha)$ est exprimée en joules par stéradian ($\text{J} \cdot \text{sr}^{-1}$).

NOTE 4 Il est supposé une symétrie de révolution autour de la ligne de tir avec $\alpha = 0$.

3.11
distribution interpolée angulaire de l'énergie acoustique émise par la source

$\bar{S}_q(\alpha)$

fonction continue dans α de la distribution de l'énergie acoustique émise par la source, $S_q(\alpha)$, dérivée en utilisant une méthode d'interpolation définie

NOTE La distribution interpolée angulaire de l'énergie acoustique émise par la source, $\bar{S}_q(\alpha)$, est exprimée en joules par stéradian ($\text{J}\cdot\text{sr}^{-1}$).

3.12
niveau de distribution angulaire de l'énergie acoustique émise par la source

$L_q(\alpha)$

distribution angulaire de l'énergie émise par la source en tant que niveau relatif à 10^{-12} J

$$L_q(\alpha) = 10 \lg \left(\frac{S_q(\alpha)}{S_{q_0}(\alpha)} \right) \text{dB} \quad (5)$$

où

$$S_{q_0}(\alpha) = 10^{-12} \text{ J}\cdot\text{sr}^{-1}$$

NOTE Le niveau de distribution angulaire de l'énergie émise par la source, $L_q(\alpha)$, est exprimé en décibels.

3.13
niveau de distribution interpolée angulaire de l'énergie acoustique émise par la source

$\bar{L}_q(\alpha)$

fonction continue dans α du niveau de distribution angulaire de l'énergie acoustique émise par la source, $L_q(\alpha)$, dérivée en utilisant une méthode d'interpolation définie

NOTE Le niveau de distribution angulaire interpolée de l'énergie émise par la source est exprimé en décibels.

3.14
angle alpha

α
angle situé entre la ligne de tir et une ligne reliant la bouche au récepteur (voir Figure 3)

NOTE L'angle alpha est exprimé en radians dans toutes les formules.

3.15
angle bêta

β
angle décrivant la rotation, autour de la ligne de tir, dans le sens anti-horaire, tel que vu par le tireur, comme l'angle formé à l'intersection du plan horizontal avec la bouche du côté droit (voir Figure 3)

NOTE L'angle bêta est exprimé en radians dans toutes les formules.

3.16
angle gamma

γ
angle décrivant l'inclinaison de la ligne de tir par rapport au plan horizontal (voir Figure 3)

NOTE L'angle gamma est exprimé en radians dans toutes les formules.

3.17**angle delta** δ

angle formé par la projection de l'angle α sur le plan horizontal (voir Figure 3)

NOTE L'angle delta est exprimé en radians dans toutes les formules.

3.18**directivité** $D(\alpha)$

différence entre le niveau de distribution angulaire de l'énergie acoustique émise par la source soumise à essai et le niveau de distribution de l'énergie acoustique d'une source monopole ayant la même énergie acoustique que la source

NOTE La directivité est exprimée en décibels.

3.19**distance à la bouche** r_m

distance mesurée de la bouche au point d'installation du microphone (voir Figure 3)

NOTE La distance est exprimée en mètres.

4 Arme et munition

ITeH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

4.1 Généralités

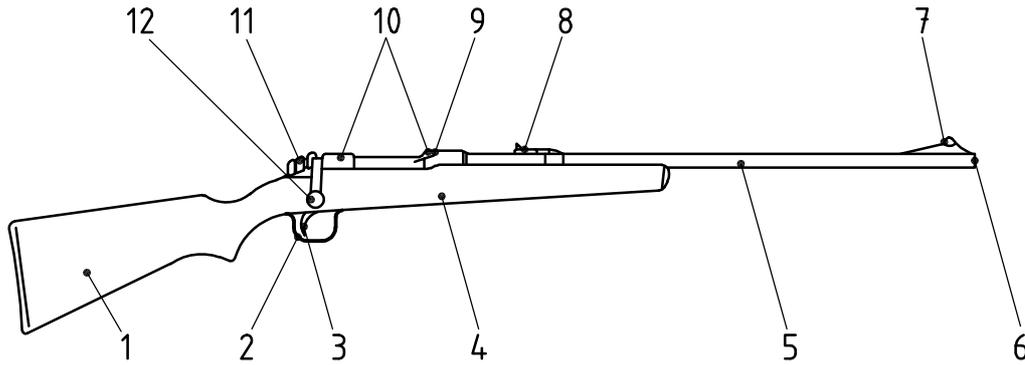
Afin de définir sans équivoque la combinaison arme plus munition pour laquelle le niveau d'exposition sonore en sortie de bouche est estimé, les informations données de 4.2 à 4.6 sont nécessaires (les éléments signalés par un astérisque sont obligatoires). Tous les termes correspondent aux sens qui leur sont donnés dans la Référence [1] et dans l'Annexe A.

4.2 Arme

Les éléments suivants doivent être déclarés:

- *description ou nom commercial;
- *type d'arme (fusil de chasse, carabine, revolver, pistolet, etc.);
- nombre, type et disposition des canons (jumelés juxtaposés ou superposés, à trois canons (drilling), etc.);
- calibre;
- *âme du canon;
- *longueur du canon.

La Figure 1 est une représentation schématique donnant les principaux termes utilisés pour décrire l'arme.



Légende

1 crosse	5 canon	9 culasse
2 pontet	6 bouche	10 boîte de culasse
3 détente	7 guidon	11 cran de sûreté
4 magasin (à l'intérieur)	8 hausse	12 levier de culasse

Figure 1 — Principaux termes utilisés pour décrire l'arme (représentation schématique)

L'Annexe A présente les principaux éléments d'un canon à âme lisse et d'un canon rayé.

Il convient de mentionner les caractéristiques spéciales, telles que:

- le choke (étranglement);
- le système de rechargement;
- *le pare-flammes;
- *le frein de bouche.

iTech STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/26a3e108-c47a-4c54-9278-cdbed99f82c6/iso-17201-1-2005>

4.3 Munition

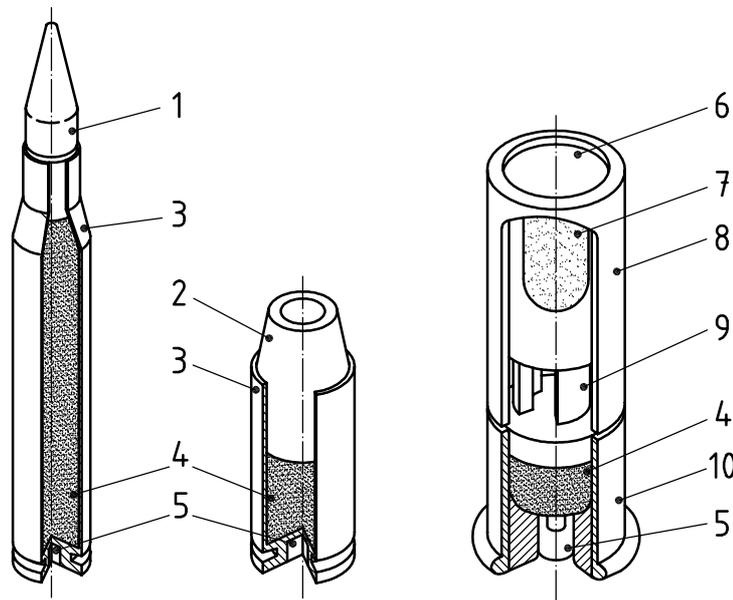
Il est nécessaire de fournir les informations suivantes:

- *description ou nom commercial;
- *calibre du projectile;
- type et masse ou énergie chimique de la charge propulsive;
- type de projectile (balle, grenaille ou cartouche à blanc);
- *masse du projectile.

Dans le cas de fusils de chasse:

- longueur totale de la cartouche;
- type de tube;
- type de bourre;
- *type, nombre, taille et poids ou numéro de la grenaille;
- type de sertissage.

Des vues schématiques de balles et d'une cartouche de fusil de chasse sont représentées à la Figure 2 avec leurs principaux éléments constitutifs.



Légende

- | | | | |
|---|----------------------------------|----|---------------------|
| 1 | projectile (balle) pour carabine | 6 | tube |
| 2 | projectile (balle) pour pistolet | 7 | charge de grenaille |
| 3 | douille | 8 | étui cylindrique |
| 4 | poudre | 9 | bouffeur |
| 5 | amorce | 10 | culot de douille |

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/26a3e108-c47a-4c54-9278-cdbed99f82c6/iso-17201-1-2005>

NOTE Les mesurages peuvent être influencés par certains facteurs tels que le réchauffement du canon suite à des tirs à répétition, la température, l'humidité et l'ancienneté de la munition.

Figure 2 — Représentation schématique de balles et d'une cartouche de fusil de chasse

4.4 Paramètre balistique

Un paramètre, tel que

— *la vitesse initiale (vitesse du projectile en sortie de bouche),

comme étant le résultat de la combinaison arme/munition, telle que spécifiée par le fabricant.

NOTE La vitesse initiale est une valeur calculée correspondant à la vitesse du projectile lui-même pour les carabines ou à la vitesse de déplacement du centre de gravité du nuage de plombs à proximité de la bouche d'un fusil de chasse.

4.5 Contexte de l'essai

Tout objet pouvant provoquer des réflexions ou faire écran à la détonation doit être mentionné. Par exemple une partie de l'arme, le support de l'arme ou un élément de ce support peuvent constituer de tels objets. Le tireur peut être considéré comme faisant partie du système d'arme pouvant faire écran à la détonation. Tous ces éléments qui sont généralement utilisés dans des conditions normales de fonctionnement de l'arme doivent être disponibles lors du mesurage et il convient de les mentionner dans le rapport d'essai. Il convient également de consigner dans le rapport d'autres circonstances susceptibles d'affecter les données relatives à

la source de bruit. L'arme doit être positionnée telle qu'elle devrait l'être dans ses conditions normales de fonctionnement. Si l'arme est posée sur un support surélevé et que la mise à feu est effectuée à distance à l'aide d'une corde, l'effet écran du tireur n'est pas pris en considération. Par conséquent, il convient de s'assurer que la configuration expérimentale se rapproche, en règle générale, le plus possible des conditions normales de fonctionnement (voir aussi 7.2).

4.6 Autres fonctions et dispositifs

Toute autre information concernant les conditions de déroulement de l'essai ou pouvant affecter les données relatives à la source de bruit doit être consignée dans le rapport d'essai.

EXEMPLES

- le canon utilisé, dans le cas d'une arme à feu à tubes mixtes, lorsque les canons sont équipés de différents dispositifs, et tout particulièrement l'âme;
- les dispositifs spéciaux, tels que silencieux, freins de bouche, etc.;
- les conditions de stockage des munitions (température, humidité, durée, etc.).

5 Concept de base pour le mesurage et l'analyse

5.1 Généralités

Pour le mesurage de la détonation, la propagation du son est supposée s'effectuer selon une symétrie de révolution autour de la ligne de tir. Cette hypothèse sert à définir des coordonnées sphériques, r_m , α et β centrées par rapport à la bouche. Les angles sont définis dans l'Article 3 et illustrés à la Figure 3.

La détonation pouvant se propager de manière directionnelle, les mesurages peuvent être effectués sur un cercle. Le but est d'en mesurer le niveau ainsi que le diagramme de directivité. Une distance égale entre points de mesurages facilite l'utilisation d'algorithmes d'interpolation permettant d'obtenir une fonction continue pour le diagramme de directivité.

Les mesurages et les analyses doivent permettre de fournir des informations d'ordre spectral au moins dans des bandes d'octave (de préférence dans des bandes de tiers d'octave) de 31,5 Hz à 8 kHz.

La méthode de calcul donnée de 5.2 à 5.6 s'applique à une analyse à large bande ainsi qu'à une analyse par bandes d'octave ou par bandes de tiers d'octave.

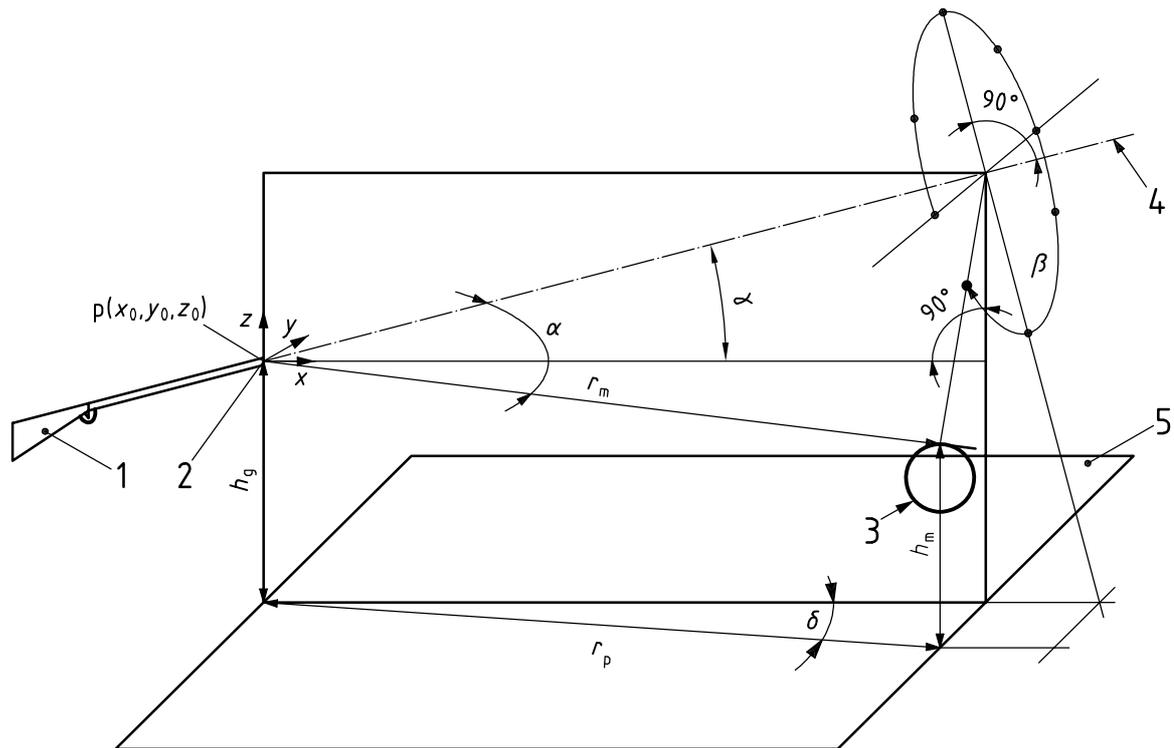
5.2 Grandeur à mesurer

La grandeur de base à mesurer est le niveau d'exposition sonore mesuré à une distance r_m et selon les angles α et β .

$$L_E(r_m, \alpha, \beta) = 10 \lg \int_T \frac{p^2(r_m, t, \alpha, \beta)}{p_0^2 T_0} dt \quad \text{dB} \quad (6)$$

Supposant que le son se propage selon une symétrie de révolution, le niveau d'exposition sonore est fonction de r_m et α uniquement.

Toutefois, en raison des réflexions par le sol, lors de mesurages effectués au-dessus du sol, le niveau d'exposition sonore L_E dépendra également de β . Les corrections devant permettre d'éliminer les réflexions par le sol seront décrites en 9.2. Après correction, le niveau d'exposition sonore est supposé dépendre de la distance, r_m , et de l'angle α uniquement.

**Légende**

- 1 fusil
- 2 bouche
- 3 microphone
- 4 ligne de tir
- 5 plan du sol

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 17201-1:2005

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/26a3e108-c47a-4c54-9278-cdbed99f82c6/iso-17201-1-2005>

NOTE Si la hauteur au dessus du sol à laquelle est placé le microphone est différente de la hauteur à laquelle est posée l'arme, l'angle α est différent de l'angle δ . La relation entre ces angles est donnée ci-dessous pour les cas où le canon est positionné horizontalement:

$$\alpha = \arccos \left(\frac{r_p \cos(\delta)}{\sqrt{r_p^2 + (h_m - h_g)^2}} \right)$$

où

r_p est la distance projetée sur le plan du sol entre la bouche et le microphone;

r_m est la distance entre la bouche et le microphone;

h_m est la hauteur à laquelle est placé le microphone par rapport au sol;

h_g est la hauteur à laquelle est située la bouche de l'arme par rapport au sol.

Figure 3 — Angles α , β , γ et δ