

# norme européenne

# norme française

**NF EN ISO 9921**  
Avril 2004

Indice de classement : X 35-117

ICS : 13.180 ; 17.140.01

Ergonomie

## Évaluation de la communication parlée

COMMISSION DE NORMALISATION

DOCUMENT DE TRAVAIL

E : Ergonomics  
Ergonomie

Assessment of speech communication  
Beurteilung der Sprachkommunikation

### Norme française homologuée

par décision du Directeur Général d'AFNOR le 5 mars 2004 pour prendre effet le 5 avril 2004.

#### Correspondance

La Norme européenne EN ISO 9921:2003 a le statut d'une norme française. Elle reproduit intégralement la Norme internationale ISO 9921:2003.

#### Analyse

Le présent document recommande dans le domaine de l'évaluation ergonomique de la communication parlée les niveaux de qualité requis pour la transmission de messages complets dans différentes applications. L'évaluation de la qualité de la communication parlée s'effectue dans les cas suivants : avertissement d'un phénomène dangereux ou d'un danger, messages d'information sur un lieu de travail, dans des lieux publics, des salles de réunion et autres auditoriums.

Certaines applications prennent en considération la communication directe entre les êtres humains, tandis que pour d'autres applications, l'utilisation de systèmes électro-acoustiques (par exemple systèmes de sonorisation) ou d'équipements de communication personnelle (par exemple téléphone, équipement d'intercommunication) constitue le moyen d'information, de transmission ou d'échange de l'information le plus pratique.

Le présent document ne traite pas de l'utilisation de signaux d'avertissement sonores, autres que la parole.

#### Descripteurs

**Thésaurus International Technique** : ergonomie, local de travail, communication vocale, message, information, échange d'information, danger, qualité, efficacité, ~~essai~~, détermination, reconnaissance de la parole, intelligibilité, audition, sonorisation, ~~appareil électroacoustique~~, bruit de machine

#### Modifications

#### Corrections

Éditée et diffusée par l'Association Française de Normalisation (AFNOR) — 11, avenue Francis de Pressensé — 93571 Saint-Denis La Plaine Cedex  
Tél. : + 33 (0)1 41 62 80 00 — Fax : + 33 (0)1 49 17 90 00 — www.afnor.fr



**Ergonomie****AFNOR X35A****Membres de la commission de normalisation**

Président : M CHOLAT

Secrétariat : MME GAUVAIN — AFNOR

S 35 A  
Ergonomie.

|     |               |                              |
|-----|---------------|------------------------------|
| DR  | AKAKPO        | CFE CGC                      |
| MME | BÉRTHELOT     | CTBA                         |
| M   | BÉRTHET       | ANACT                        |
| M   | BLOT          | UGAP                         |
| M   | CANDAS        | CNRS CEPA                    |
| M   | CANNOT        | CTC                          |
| M   | CHOLAT        | EDF GDF SCAST                |
| M   | COMMO         | AFNOR                        |
| M   | CROCHET       | MFP MICHELIN                 |
| M   | DEFONTAINE    | ENSP                         |
| M   | DESIGNES      | SNCF                         |
| M   | DODEMAN       | PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES  |
| M   | DUVAL         | CNFE                         |
| M   | FOUGERES      | CRAM BRETAGNE                |
| M   | FRUGIER       | UNM                          |
| MME | HELLA         | INRS                         |
| MME | HUBERT        | EUROGIP                      |
| M   | JONATHAN      | DPMA                         |
| M   | KAPITANIAK    | CNRS                         |
| MME | KOUFANE       | DRT — DION RELATIONS TRAVAIL |
| M   | LABESSE       | SIMMA                        |
| MME | LAFFONT-FAUST | DION DEPT TRAVAIL EMPLOI FP  |
| M   | LEGROS        | LAUTM →                      |
| M   | MEYER         | INRS                         |
| M   | NEBOÏT        | INRS                         |
| M   | OJALVO        | EDF R&D                      |
| M   | PAROUBEK      | LIMSI                        |
| M   | PARTOUCHE     | SNCF                         |
| M   | PICARD        | PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES  |
| M   | POMIAN        | INRS                         |
| MME | RENDU         | DRT — DION RELATIONS TRAVAIL |
| M   | SCAPIN        | INRIA                        |
| M   | SEDES         | CGT FO                       |
| M   | ZANA          | INRS                         |

**Avant-propos national****Références aux normes françaises**

La correspondance entre les normes mentionnées à l'article «Références normatives» et les normes françaises identiques est la suivante :

GEI 60268-16 : NF EN 60268-16 (indice de classement : S 31-990)

Les autres normes mentionnées à l'article «Références normatives» qui n'ont pas de correspondance dans la collection des normes françaises sont les suivantes (elles peuvent être obtenues auprès d'AFNOR) :

ISO/TR 4870

**NORME EUROPÉENNE  
EUROPÄISCHE NORM  
EUROPEAN STANDARD**

**EN ISO 9921**

**Octobre 2003**

ICS : 13.180

**Version française**

**Ergonomie —  
Évaluation de la communication parlée  
(ISO 9921:2003)**

**Ergonomie — Beurteilung  
der Sprachkommunikation  
(ISO 9921:2003)**

**Ergonomics — Assessment  
of speech communication  
(ISO 9921:2003)**

La présente norme européenne a été adoptée par le CEN le 1<sup>er</sup> octobre 2003.

Les membres du CEN sont tenus de se soumettre au Règlement Intérieur du CEN/CENELEC qui définit les conditions dans lesquelles doit être attribué, sans modification, le statut de norme nationale à la norme européenne.

Les listes mises à jour et les références bibliographiques relatives à ces normes nationales peuvent être obtenues auprès du Secrétariat Central ou auprès des membres du CEN.

La présente norme européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français). Une version faite dans une autre langue par traduction sous la responsabilité d'un membre du CEN dans sa langue nationale, et notifiée au Secrétariat Central, a le même statut que les versions officielles.

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

**CEN**

...COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Europäisches Komitee für Normung  
European Committee for Standardization

**Secrétariat Central : rue de Stassart 36, B-1050 Bruxelles**

© CEN 2003

Tous droits d'exploitation sous quelque forme et de quelque manière que ce soit réservés dans le monde entier aux membres nationaux du CEN.

Réf. n° EN ISO 9921:2003 F

### **Avant-propos**

Le présent document (EN ISO 9921:2003) a été élaboré par le Comité Technique ISO/TC 159 «Ergonomie» en collaboration avec le Comité Technique CEN/TC 122 «Ergonomie» dont le secrétariat est tenu par le DIN.

Cette Norme européenne devra recevoir le statut de norme nationale, soit par publication d'un texte identique, soit par entérinement, au plus tard en avril 2004, et toutes les normes nationales en contradiction devront être retirées au plus tard en avril 2004.

Selon le Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, les instituts de normalisation nationaux des pays suivants sont tenus de mettre cette Norme européenne en application : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Portugal, Slovaquie, République Tchèque, Royaume-Uni, Suède et Suisse.

### **Notice d'entérinement**

Le texte de l'ISO 9921:2003 a été approuvé par le CEN comme EN ISO 9921:2003 sans aucune modification.

NOTE Les références normatives aux Normes internationales sont mentionnées en Annexe ZA (normative).

**Annexe ZA**

(normative)

**Références normatives aux publications internationales  
avec leurs publications européennes correspondantes**

Cette Norme européenne comporte par référence datée ou non datée des dispositions d'autres publications. Ces références normatives sont citées aux endroits appropriés dans le texte et les publications sont énumérées ci-après. Pour les références datées, les amendements ou révisions ultérieurs de l'une quelconque de ces publications ne s'appliquent à cette Norme européenne que s'ils y ont été incorporés par amendement ou révision. Pour les références non datées, la dernière édition de la publication à laquelle il est fait référence s'applique (y compris les amendements).

| <b>Publication</b> | <b>Année</b> | <b>Titre</b>   | <b>EN</b>   | <b>Année</b> |
|--------------------|--------------|--|-------------|--------------|
| CEI 60268-16       | 1998         | Équipements pour systèmes électroacoustiques — Partie 16 :<br>évaluation objective de l'intelligibilité de la parole au moyen de<br>l'indice de transmission de la parole. | EN 60268-16 | 1998         |

5

**Sommaire**

Page

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Avant-propos</b> .....  | <b>iv</b> |
| <b>Introduction</b> .....  | <b>v</b>  |
| <b>1</b> <b>Domaine d'application</b> .....  | <b>1</b>  |
| <b>2</b> <b>Références normatives</b> .....  | <b>1</b>  |
| <b>3</b> <b>Termes et définitions</b> .....  | <b>1</b>  |
| <b>4</b> <b>Descriptions de la communication parlée</b> .....  | <b>3</b>  |
| <b>5</b> <b>Performance des communications parlées</b> .....   | <b>4</b>  |
| <b>6</b> <b>Évaluation et prédiction</b> .....   | <b>6</b>  |
| <b>Annexe A (normative) Caractéristiques du locuteur et de l'auditeur</b> .....                                  | <b>7</b>  |
| <b>Annexe B (informative) Tests subjectifs de l'intelligibilité de la parole</b> .....                           | <b>9</b>  |
| <b>Annexe C (informative) Indice de transmission de la parole, STI</b> .....                                     | <b>12</b> |
| <b>Annexe D (informative) Présentation générale des moyens de communication et des paramètres connexes</b> ..... | <b>14</b> |
| <b>Annexe E (normative) Niveau d'interférence avec la parole, SIL</b> .....                                      | <b>18</b> |
| <b>Annexe F (informative) Évaluation de l'intelligibilité pour les communications parlées</b> .....              | <b>19</b> |
| <b>Annexe G (normative) Définition des symboles</b> .....  | <b>22</b> |
| <b>Annexe H (informative) Exemples d'applications des méthodes de prédiction de l'intelligibilité</b> .....      | <b>23</b> |
| <b>Bibliographie</b> .....   | <b>29</b> |

**ISO 9921:2003(F)****Avant-propos**

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

Les 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 9921 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 159, *Ergonomie*, sous-comité SC 5, *Ergonomie de l'environnement physique*.

Cette première édition de l'ISO 9921 annule et remplace l'ISO 9921-1:1996.

## Introduction

L'objet de la normalisation dans le domaine de l'évaluation ergonomique de la communication parlée est de recommander les niveaux de qualité de la communication parlée requis pour la transmission de messages complets dans différentes applications. L'évaluation de la qualité de la communication parlée s'effectue dans les cas suivants:

- avertissement d'un phénomène dangereux;
- avertissement d'un danger;
- messages d'information sur les lieux de travail, dans des lieux publics, dans des salles de réunion et dans des auditoriums.

Certaines applications prennent en considération la communication directe entre les êtres humains, tandis que pour d'autres applications, l'utilisation de systèmes électro-acoustiques (par exemple systèmes de sonorisation) ou d'équipements de communication personnelle (par exemple téléphone ou équipement d'intercommunication) constitue le moyen d'information, d'instruction ou d'échange d'information le plus pratique.

La présente Norme internationale ne traite pas de l'utilisation de signaux d'avertissement sonores autres que la parole, consignée dans l'ISO 7731.

Les signaux de danger et d'avertissement acoustiques sont généralement omnidirectionnels et peuvent par conséquent être universels dans de nombreuses situations. Les avertissements sonores présentent un grand avantage dans les situations où la fumée, l'obscurité ou d'autres obstacles interfèrent avec les avertissements visuels.

Il est essentiel que le niveau d'intelligibilité des messages oraux soit suffisant dans leur zone de couverture. Dans le cas contraire, il peut être préférable d'utiliser des signaux d'avertissement non vocaux (voir l'ISO 7731, la CEI 60849 et [4] dans la Bibliographie) ou des signaux d'avertissement visuels (voir l'ISO 11429).

Des signaux acoustiques excessifs peuvent altérer l'audition ou l'environnement (par exemple nuisance sonore à laquelle sont soumis des logements à proximité de quais de gare, d'axes de circulation routière ou d'aéroports). Une conception appropriée peut minimiser ces aspects défavorables. De plus, des méthodes de prédiction suffisamment précises sont utiles aux consultants, aux fournisseurs et aux utilisateurs finals et peuvent ainsi réduire les coûts des adaptations nécessaires suite à l'installation d'un système.

Les communications peuvent s'effectuer directement entre êtres humains, par l'intermédiaire de systèmes de sonorisation, d'intercommunication ou de messages préenregistrés. De manière générale, les systèmes texte-parole ne sont pas recommandés en raison de leur faible intelligibilité.

Il est admis que, dans un document à caractère général, d'application simple et aisément disponible, il convient de décrire des outils de prédiction et d'évaluation, ainsi que des méthodes plus sophistiquées liées aux technologies de pointe.



# Ergonomie — Évaluation de la communication parlée

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les exigences de performance en communication parlée relatives aux signaux oraux d'alerte et de danger, aux messages d'information et à la communication parlée en général. Des méthodes de prédiction et d'évaluation de la performance, subjectives et objectives, sont décrites dans des applications pratiques avec des exemples à l'appui.

Pour obtenir une performance optimale dans une application spécifique, trois phases peuvent être considérées:

- a) spécification de l'application et définition des critères de performance correspondants;
- b) conception d'un système de communication et prédiction de la performance;
- c) évaluation de la performance dans des conditions in situ.

La présente Norme internationale ne traite pas de l'utilisation de signaux d'avertissement sonores autres que la parole, consignée dans l'ISO 7731.

## 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/TR 4870:1991, *Acoustique — Élaboration et étalonnage des tests d'intelligibilité de parole*

CEI 60268-16:1998, *Équipements pour systèmes électroacoustiques — Partie 16: Évaluation objective de l'intelligibilité de la parole au moyen de l'indice de transmission de la parole*

## 3 Termes et définitions

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

### 3.1

#### **alarme**

avertissement d'un danger existant ou imminent

### 3.2

#### **danger**

risque de préjudice ou de dommage

### 3.3

#### **rapport signal-bruit effectif**

mesure visant à exprimer l'effet (combiné) de différents types de distorsions sur l'intelligibilité d'un signal parlé, en termes de l'effet d'un bruit masquant entraînant un signal parlé de même intelligibilité

### 3.4

#### **urgence**

risque imminent ou menace sérieuse pour les personnes ou les biens

**ISO 9921:2003(F)****3.5****effet Lombard**

augmentation spontanée de l'effort vocal induite par l'augmentation du niveau de bruit ambiant au niveau de l'oreille du locuteur

**3.6****locuteur non natif**

personne s'exprimant dans une autre langue que la langue apprise comme langue principale lors de l'enfance

**3.7****communication parlée**

transmission ou échange d'information utilisant les modalités de la voix, de la parole, de l'audition et la compréhension

NOTE La communication parlée peut comprendre des textes brefs, des phrases, des groupes de mots et/ou des mots seuls.

**3.8****communicabilité de la parole**

évaluation de l'aisance d'exécution de la communication parlée

NOTE La communicabilité de la parole comprend l'intelligibilité de la parole, la qualité de la parole, l'effort vocal et les «temps morts».

**3.9****intelligibilité de la parole**

évaluation du pourcentage de parole compris

NOTE L'intelligibilité de la parole est généralement quantifiée en pourcentage d'un message compris correctement.

**3.10****Indice d'intelligibilité de la parole****SII**

méthode objective de prédiction de l'intelligibilité fondée sur l'indice d'articulation

NOTE Voir [1] dans la Bibliographie.

**3.11****niveau d'interférence avec la parole****SIL**

différence entre un niveau de parole pondéré A et la moyenne arithmétique des niveaux de pression acoustique du bruit ambiant dans quatre bandes d'octave ayant des fréquences centrales de 500 Hz, 1 000 Hz, 2 000 Hz et 4 000 Hz

**3.12****qualité de la parole**

évaluation de la qualité sonore d'un signal parlé

NOTE La qualité de la parole caractérise la quantité de distorsions audibles d'un signal parlé, et elle est généralement évaluée par une description.

**3.13****indice de transmission de la parole****STI**

méthode objective de prédiction et de mesure de l'intelligibilité de la parole

**3.14****effort vocal**

faculté du locuteur, évaluée de manière objective par le niveau de parole pondéré A à une distance de 1 m de la bouche, et qualifiée de manière subjective par une description

**3.15****avertissement**

notification importante concernant tout changement d'état requérant une attention ou une activité particulière

**4 Descriptions de la communication parlée****4.1 Généralités**

La communication parlée requiert trois composantes séquentielles: un locuteur, un canal de transmission et un (des) auditeur(s). Sur la base de ce concept, trois moyens de communication différents sont identifiés.

- a) **Communication directe.** C'est un moyen de communication type des communications de personne à personne lorsque deux personnes se trouvent dans le même environnement sans utiliser de dispositif électroacoustique.
- b) **Système de sonorisation.** Il s'agit généralement d'un système électroacoustique utilisé pour s'adresser à un groupe de personnes dans un ou plusieurs environnements.
- c) **Systèmes de communication personnelle.** Ces systèmes comprennent l'utilisation de téléphones mobiles et d'émetteurs-récepteurs portatifs ainsi que de téléphones normaux, d'équipements d'intercommunication et de téléphones mains libres.

**4.2 Locuteur**

Plusieurs paramètres, en rapport avec le locuteur, définissent la contribution de ce dernier à la performance d'une communication. Ces paramètres comprennent l'effort vocal, la qualité d'élocution, le sexe (masculin ou féminin), les accents, les paroles prononcées par un non-natif, les troubles du langage, et la distance par rapport à l'auditeur ou par rapport au microphone.

Le niveau de pression acoustique pondéré A équivalent à 1 m de distance de la bouche du locuteur exprime l'effort vocal. Le niveau de bruit ambiant dans la position du locuteur (qui provoque l'effet Lombard) et le port d'un protecteur individuel contre le bruit exercent une influence sur l'effort vocal. L'Annexe A décrit la relation entre ces paramètres ainsi que l'effet sur la qualité de la parole.

Le sexe du locuteur et l'effort vocal conditionnent le spectre de fréquences de la parole. Ceci peut entraîner, en association avec un type de bruit spécifique, une performance «sexospécifique» [voir Annexe B (B.3) et Annexe C].

Les effets des accents prononcés et des locuteurs et auditeurs non natifs réduisent la performance d'une communication; des données quantitatives à ce sujet sont fournies en A.6.

**4.3 Canal de transmission**

Le canal de transmission entre la bouche du locuteur et l'oreille de l'auditeur est décrit par la distribution du signal parlé dans une pièce ou par la voie d'un système électroacoustique. Il affecte la détérioration du signal parlé. Le bruit ambiant, la réverbération, les échos, le rayonnement sonore, la limitation de la réponse en fréquence et les non-linéarités exercent une influence importante sur la communication. L'Annexe D présente une vue d'ensemble des moyens de communication et des paramètres connexes existants.

**4.4 Auditeur**

Dans le cas de l'auditeur, les aspects de l'audition (audition directionnelle, masquage, troubles de l'audition, seuil de réception) et l'utilisation d'une protection individuelle contre le bruit définissent la détérioration. Les Annexes A, C, D et E prennent en considération ces paramètres en rapport avec l'auditeur, à l'exception du paramètre d'audition directionnelle qui n'est pas traité dans la présente Norme internationale.

**ISO 9921:2003(F)****5 Performance des communications parlées****5.1 Généralités**

La compréhension des messages parlés requiert une reconnaissance correcte de chaque énoncé. En termes techniques, cela signifie qu'une note d'intelligibilité de 100 % est requise pour les phrases prononcées. Une note d'intelligibilité des phrases de 100 % ne signifie pas que chaque mot individuel est clairement compris et que la situation d'écoute est confortable et détendue, et il existe de nombreuses situations qui requièrent une meilleure performance. Les situations d'alerte, dans des conditions défavorables, requièrent simplement la compréhension totale d'un message court, même si la compréhension correcte de ce message nécessite un certain effort de l'auditeur. Des conditions d'énonciation plus détendue et d'écoute correcte sont requises dans une salle de réunion, un auditorium ou sur un lieu de travail, où la communication parlée constitue un élément de la tâche à exécuter et où les personnes sont généralement présentes pour une plus longue durée. Ceci se traduit, dans le cas du locuteur, par le faible effort vocal requis pour pouvoir être compris (voir Tableau A.1). Dans le cas de l'auditeur, l'effort d'écoute peut être principalement lié à l'intelligibilité de la parole et à la qualité de la parole dans la position d'écoute (voir Tableau F.1). L'étendue des échelles de classification et le nombre d'intervalles sont suffisamment importants pour pouvoir différencier les conditions requises pour différentes applications (voir Tableau F.1 et Figure F.1).

La qualité de la communication parlée s'exprime en termes d'intelligibilité et d'effort vocal. La présente Norme internationale identifie diverses conditions d'application et d'environnement. Pour chacune de ces conditions, des critères de performance minimale sont recommandés, couvrant l'ensemble des messages courts d'alerte et d'avertissement dans des conditions défavorables et des communications détendues dans une salle de réunion ou un auditorium. Les personnes présentant un léger trouble de l'audition (généralement les personnes âgées) ou les auditeurs non natifs requièrent un rapport signal-bruit plus élevé (approximativement 3 dB).

Les différents champs d'application sont décrits de 5.2 à 5.5 et résumés en 5.6.

**5.2 Situations d'alerte et d'avertissement**

Les situations d'alerte et d'avertissement requièrent généralement des messages courts clairement énoncés, destinés à fournir des instructions pour une évacuation ou un dégagement en toute sécurité, avec un risque d'affolement minimal. Il convient ainsi que des phrases simples soient comprises correctement même dans des conditions défavorables, avec des niveaux de bruit ambiant élevés, voire lorsque le locuteur crie, etc.

Comme l'indique l'Annexe F (Figure F.1), la qualification «faible» convient parfaitement aux situations d'alerte et d'avertissement. Ce critère représente une valeur moyenne pour les auditeurs ayant une capacité auditive normale (couverture de la population à 50 %). Une plus grande valeur est requise pour couvrir 96 % de la population, cette valeur pouvant être exprimée par une augmentation de 3 dB du rapport signal-bruit. Le critère minimal recommandé est par conséquent généralement «faible».

Un niveau d'intelligibilité faible à correct peut être recommandé dans des conditions défavorables d'utilisation d'un système de sonorisation. Toutefois, les distorsions dues aux systèmes électroacoustiques et/ou à l'environnement (limitation du filtre passe-bande, distorsion non linéaire, bruit, réverbération et échos) peuvent également affecter l'intelligibilité de la parole. Ceci se traduit généralement par la nécessité d'un meilleur rapport signal-bruit.

Il est nécessaire d'évaluer la performance du système dans des conditions (in situ) représentatives afin d'intégrer les effets de toutes les distorsions et de toutes les conditions ambiantes sur l'évaluation globale de l'intelligibilité.

### 5.3 Communications de personne à personne

La communication dans les situations de travail, bureaux, salles de réunion, auditoriums, ainsi que dans les situations critiques (personnel ambulancier, pompiers, etc.) requiert un niveau d'intelligibilité différent en fonction de son objectif. Dans les situations critiques, les messages échangés sont généralement courts et incluent également un certain nombre de mots critiques connus. Dans ce genre de conditions de communication, il est recommandé au moins une intelligibilité «correcte» avec un effort vocal plus important (fort).

Il est recommandé un niveau d'intelligibilité satisfaisant, permettant un effort vocal normal, dans un type de communication détendue telle qu'elle se produit dans des bureaux, lors de réunions, de conférences et de représentations qui ont lieu sur une durée plus longue.

### 5.4 Système de sonorisation dans les lieux publics

La durée des annonces d'intérêt général dans les lieux publics est courte ou moyenne à un effort vocal normal. Le contenu de ces annonces peut comporter des nombres, des noms de destinations, des noms de personnes, etc. Une intelligibilité correcte à bonne est recommandée dans ce genre de situations. Les lieux types d'utilisation de systèmes de sonorisation sont les centres commerciaux, les gares ferroviaires, les transports en commun et les stades.

### 5.5 Systèmes de communication personnelle

La largeur de bande des systèmes de communication est généralement limitée, ce qui permet leur utilisation dans des ambiances bruyantes. L'usage extérieur de téléphones mobiles, d'émetteurs-récepteurs portatifs et l'usage intérieur de téléphones normaux et de téléphones mains libres sont des exemples d'utilisation de systèmes de communication personnelle. Une intelligibilité correcte à bonne est recommandée en fonction du type de communication (complexité des messages) et de l'intensité d'utilisation, une intelligibilité correcte à bonne étant conseillée à un effort vocal normal.

### 5.6 Résumé de la performance minimale recommandée

Le Tableau 1 donne un résumé de la performance minimale recommandée. Il est toutefois conseillé d'utiliser des niveaux d'évaluation plus «précis» dans certaines situations.

**Tableau 1 — Niveaux d'évaluation de la performance minimale recommandée en matière d'intelligibilité et d'effort vocal dans le cas de quatre applications différentes**  
(des exemples de niveaux d'évaluation sont cités dans le Tableau A.1)

| Application  | Niveau d'évaluation de l'intelligibilité minimale requise | Effort vocal maximal | Description |
|--|---|----------------------|-------------|
| Situations d'alerte et d'avertissement (compréhension correcte de phrases simples) | Faible  | Fort                 | 5.2         |
| Situations d'alerte et d'avertissement (compréhension correcte de mots critiques)  | Correct   | Fort                 | 5.2         |
| Communications de personne à personne (critiques)                                  | Correct   | Fort                 | 5.3         |
| Communications de personne à personne (communication normale prolongée)            | Bon   | Normal               | 5.3         |
| Sonorisation dans les lieux publics  | Correct   | Normal               | 5.4         |
| Systèmes de communication personnelle  | Correct   | Normal               | 5.5         |

**ISO 9921:2003(F)****6 Évaluation et prédiction****6.1 Généralités**

L'évaluation de la communication parlée inclut la qualité, l'intelligibilité et la communicabilité de la parole, ainsi que l'effort vocal. Seuls l'intelligibilité de la parole et l'effort vocal sont pris en considération pour les besoins de la présente Norme internationale. L'intelligibilité peut être déterminée par des méthodes subjectives (utilisant des locuteurs et des auditeurs) et par des méthodes objectives (utilisant des propriétés physiques et la description physique du processus d'élocution et d'écoute).

**6.2 Méthodes d'évaluation subjectives**

Des tests d'intelligibilité subjectifs consistent à faire lire à des locuteurs entraînés des listes de «mots-clés» et à faire écrire à des auditeurs, également entraînés, ce qu'ils pensent avoir entendu. Ces listes comportent généralement 50 mots, le résultat des tests étant noté sur 100. Il convient d'intégrer les «mots-clés» dans une locution porteuse afin

- a) de permettre au locuteur de contrôler son effort vocal,
- b) de tenir compte de la distorsion temporelle lors de la prononciation du «mot-clé», et
- c) de capter l'attention de l'auditeur pour chaque énoncé.

Les «mots-clés» peuvent avoir ou non un sens, et être équilibrés phonétiquement (distribution phonétique représentative de la langue) ou de manière égale (distribution phonétique égale pour tous les phonèmes). Le type de mots utilisés dans le test définit la relation avec les autres types de tests, tels que STI (indice de transmission de la parole) ou SIL (niveau d'interférence avec la parole). L'Annexe B et l'ISO/TR 4870 donnent une description informative des tests d'intelligibilité subjectifs.

**6.3 Méthodes objectives d'évaluation et de prédiction**

Il existe plusieurs méthodes objectives de prédiction de l'intelligibilité de la parole. La méthode retenue utilise soit les résultats de mesurages objectifs, soit les spécifications d'un système et d'un espace donnés, pour calculer un indice de prédiction de l'intelligibilité. Ces méthodes peuvent comprendre

- le spectre du signal parlé,
- le spectre du bruit ambiant,
- la distribution spatiale des champs acoustiques,
- la réverbération,
- la sélection associée des positions de l'auditeur, et
- l'évaluation de la note d'intelligibilité obtenue.

Les méthodes couramment utilisées sont le niveau d'interférence avec la parole (SIL), l'indice de transmission de la parole (STI), et l'indice d'intelligibilité de la parole (SII). L'Annexe E fournit une description normative de la méthode SIL, la CEI 60268-16 fournit également une description normative de la méthode STI, et l'Annexe C en donne une description informative. L'ANSI S3.5 <sup>[1]</sup> décrit la méthode SII.

## Annexe A (normative)

### Caractéristiques du locuteur et de l'auditeur

#### A.1 Effort vocal

Le niveau du signal parlé dépend de l'effort vocal du locuteur. L'effort vocal est exprimé par le niveau de pression acoustique pondéré A équivalent continu de la parole mesuré à une distance de 1 m de la bouche. La relation entre l'effort vocal et le niveau correspondant est indiquée dans le Tableau A.1 pour un locuteur masculin type.

Tableau A.1 — Effort vocal d'un locuteur masculin et niveau de parole pondéré A associé (dB re 20 µPa) à une distance de 1 m de la bouche

| Effort vocal | $L_{S, A, 1 m}$<br>dB |
|--------------|-----------------------|
| Très fort    | 78                    |
| Fort         | 72                    |
| Élevé        | 66                    |
| Normal       | 60                    |
| Détendu      | 54                    |

#### A.2 Effet du bruit ambiant sur l'effort vocal

Le bruit ambiant au-dessus d'un certain niveau influence l'effort vocal (c'est ce qui se nomme l'effet Lombard). La Figure A.1 présente la relation entre le niveau de parole et le niveau de bruit ambiant. La zone hachurée indique la variabilité de l'effet Lombard parmi les différents locuteurs.

#### A.3 Diminution de la qualité de la parole dans le cas d'une parole prononcée avec un effort vocal fort

La qualité d'une parole prononcée avec un effort vocal élevé, au-delà du niveau  $L_{S, A, 1 m} = 75$  dB, est réduite de manière importante, rendant de ce fait sa compréhension plus difficile en comparaison de la parole produite avec un effort vocal plus faible. Ce phénomène est pris en compte par la réduction du niveau de parole dans les différents calculs: la valeur ( $L_{S, A, 1 m}$ ) doit être réduite de  $\Delta L = 0,4 (L_{S, A, 1 m} - 75)$  dB pour  $L_{S, A, 1 m} > 75$  dB.

NOTE Certains symboles utilisés dans cette annexe sont définis dans l'Annexe G.

#### A.4 Effet de la protection de l'ouïe sur l'effort vocal

Un locuteur portant des protecteurs individuels contre le bruit réduit son effort vocal d'environ 3 dB en comparaison de la situation observée en l'absence de ces protecteurs lorsque le niveau de bruit ambiant  $L_{N, A}$  dépasse 75 dB.

## ISO 9921:2003(F)

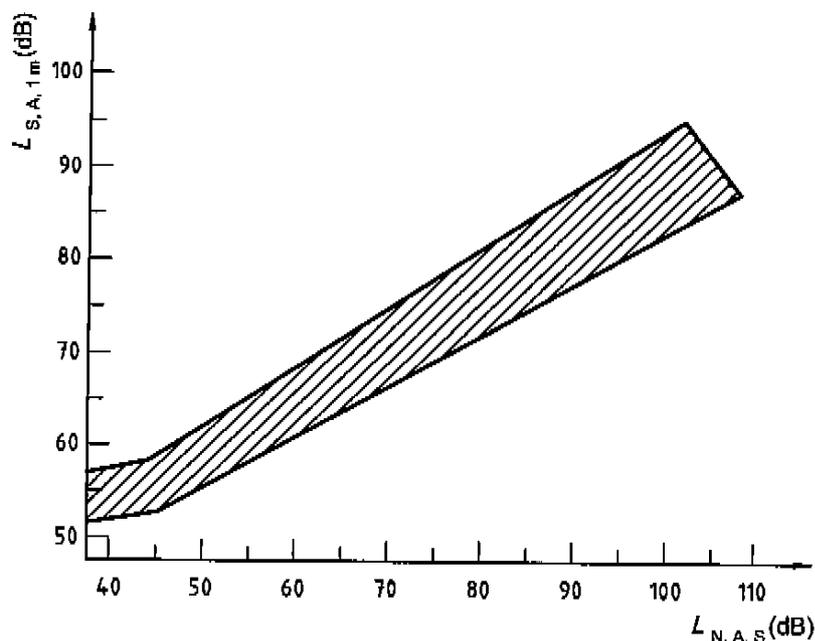


Figure A.1 — Relation entre la gamme de l'effort vocal (niveau sonore continu équivalent de la parole) et le niveau de bruit ambiant dans la position du locuteur

### A.5 Effet de la distance entre le locuteur et l'auditeur

Il est possible de calculer, à l'aide de l'équation suivante, une valeur approximative du niveau de parole dans la position de l'auditeur ( $L_{S,A,L}$ ), à partir du niveau de parole dans la position du locuteur ( $L_{S,A,1m}$ ):

$$L_{S,A,L} = L_{S,A,1m} - 20 \lg \frac{r}{r_0}$$

où

$r$  est la distance, en mètres, entre le locuteur et l'auditeur;

$r_0 = 1 \text{ m}$ .

La diminution du niveau de parole est donc supposée être de 6 dB pour chaque doublement de la distance. Cette relation est valable pour des conditions en milieu intérieur et extérieur jusqu'à une distance d'environ 2 m. Elle reste valable jusqu'à 8 m si le temps de réverbération à une fréquence de 500 Hz est inférieur à 2 s. Une distance maximale de 8 m est valable pour des conditions avec un temps de réverbération inférieur à 2 s à une fréquence de 500 Hz.

### A.6 Effet des locuteurs et auditeurs non natifs

Une intelligibilité réduite est observée avec les locuteurs et auditeurs non natifs qui parlent couramment une deuxième langue. Dans le cas de locuteurs et/ou auditeurs non natifs, une amélioration du rapport signal-bruit de 4 dB à 5 dB est requise pour une intelligibilité similaire à celle obtenue avec des locuteurs et/ou auditeurs natifs<sup>(15)</sup>. Cette amélioration de 4 dB du rapport signal-bruit correspond à une augmentation de l'indice STI de 0,13 et du niveau SIL de 4 dB.

## Annexe B (informative)

### Tests subjectifs de l'intelligibilité de la parole

#### B.1 Conditions de base pour la réalisation des tests

La capacité d'énonciation des locuteurs et la capacité auditive des auditeurs doivent être suffisantes pour assurer une communication directe, une communication par système de sonorisation ou une communication par dispositif de communication personnelle qui soient efficaces (voir Figure D.1).

Les locuteurs et les auditeurs doivent être habitués à la langue utilisée, de manière à pouvoir prononcer et comprendre un message oral. Il est préférable de faire appel à des locuteurs dont la langue utilisée est la langue maternelle.

Il convient de protéger les auditeurs contre les risques pour la santé et la sécurité. Cela signifie qu'il est recommandé de ne pas dépasser un niveau de parole de sécurité. Le niveau maximal de parole recommandé est de 80 dB pondéré A pour une durée d'exposition maximale de 8 h par journée de travail.

#### B.2 Matériel d'essai

##### B.2.1 Généralités

Il convient de réaliser le test d'intelligibilité de la parole de manière à obtenir des résultats valables et fiables permettant d'effectuer une analyse des erreurs observées dans les réponses des auditeurs. Le matériel utilisé pour le test doit recourir à des échantillons de sons vocaux, typiques du système de communication soumis à l'essai et représentatifs du type de message transmis par ledit système. Il y a lieu de prendre en considération le caractère économique du test effectué, à savoir le recours à une automatisation potentielle permettant de simplifier l'administration du test.

Un certain nombre de méthodes de mesure d'intelligibilité de la parole ont été proposées (voir F.4). La présente Norme internationale traite de trois types de tests d'intelligibilité, à savoir

- un test de mots  $CVC_{EQB}$  dépourvus de sens à ensemble ouvert,
- un test de mots phonétiquement équilibrés et ayant un sens également à ensemble ouvert, et
- un test de phrases.

##### B.2.2 Listes à ensemble ouvert

Les listes à ensemble ouvert d'éléments de test sont constituées d'éléments prélevés de manière aléatoire sur un ensemble total d'éléments de test. Dans le cas des tests de mots  $CVC$  dépourvus de sens, un élément de test est généré de manière aléatoire à partir d'un ensemble de consonnes initiales, de voyelles et de consonnes finales. Les mots  $CVC_{EQB}$  dépourvus de sens sont équilibrés afin de représenter en proportion égale tous les phonèmes de la langue utilisée pour le test. Pour la génération du test  $CVC$ , les restrictions dépendantes de la langue utilisée peuvent s'appliquer pour la conjonction de phonèmes spécifiques.

Le test de mots phonétiquement équilibrés ayant un sens (mots phonétiquement équilibrés) est élaboré comme un ensemble de mots monosyllabiques. Les tests de mots phonétiquement équilibrés génèrent différents phonèmes dans la proportion où ils apparaissent dans la langue naturelle.

## ISO 9921:2003(F)

Le test de mots CVC dépourvus de sens et le test de mots phonétiquement équilibrés ayant un sens (mots phonétiquement équilibrés) comprennent généralement 50 mots par liste. Le nombre total minimal d'éléments de test requis est de 1 000 mots, afin d'éviter que les auditeurs ne s'adaptent à des listes fréquemment utilisées (voir ISO/TR 4870). Le test de mots CVC<sub>EQB</sub> requiert un rapport signal-bruit d'environ 6 dB de plus, de manière à obtenir une note correcte à pourcentage similaire à celui du test de mots phonétiquement équilibrés ayant un sens (voir Figure F.1).

Les listes énoncées par les locuteurs sont présentées à un panel d'auditeurs. Dans la mesure où la forme ouverte est utilisée, les auditeurs répondent généralement en inscrivant leur réponse sur une feuille prévue à cet effet (ou à l'aide d'un clavier «muet»). La note d'intelligibilité correspond au pourcentage de mots identifiés de manière correcte dans le test. Les tests de mots CVC dépourvus de sens permettent également de déterminer des notes distinctes pour la consonne initiale, la voyelle et la consonne finale; ceci permet alors d'établir une grille de correction. Pour des détails, voir l'Annexe F, l'ISO/TR 4870 et [13] dans la Bibliographie.

### B.2.3 Tests de phrases

En règle générale, les tests de phrases ne sont pas recommandés pour évaluer les systèmes de transmission, dans la mesure où les connaissances de l'auditeur en matière de grammaire, de signification et de syntaxe de la phrase influencent les résultats. Une autre difficulté est la construction d'un grand nombre de phrases phonétiquement représentatives de la parole et présentant une complexité bien définie. La méthode SRT [10] peut toutefois être employée pour des utilisations spécifiques, car elle détermine le niveau de bruit qui assure un pourcentage d'intelligibilité de la phrase de 50 %. Cela correspond à un rapport signal-bruit compris entre -4 dB et -6 dB, selon les éléments utilisés pour les tests (voir Figure F.1). La réalisation des tests dans d'autres conditions est par conséquent possible.

## B.3 Locuteurs et auditeurs

Il convient de sélectionner les locuteurs et les auditeurs de sorte qu'ils soient représentatifs de la population d'utilisateurs d'un système soumis à l'essai. La sélection des locuteurs et des auditeurs tient généralement compte de leurs âge, sexe, formation, expérience pertinente et antécédents linguistiques. Le groupe de locuteurs et auditeurs ainsi que sa taille et la formation de ces derniers doivent être sélectionnés conformément à l'ISO/TR 4870.

L'ISO/TR 4870 recommande ce qui suit:

- faire appel au moins à un locuteur masculin et à un locuteur féminin représentatifs d'une nationalité et d'une langue données;
- faire appel à cinq locuteurs parfaitement motivés pour les tests à ensembles fermés à petite échelle, et à dix locuteurs également fortement motivés pour les tests à ensembles ouverts à grande échelle;
- une expérience ordinaire dans l'utilisation et la prononciation de la langue à utiliser, ainsi qu'une bonne capacité auditive, à savoir que l'audiogramme tonal ne doit pas dépasser un niveau d'audition de 10 dB pour toute fréquence d'essai jusqu'à 4 000 Hz, et de 15 dB pour toute fréquence d'essai jusqu'à 6 000 Hz;
- un temps de formation compris entre 5 min et 24 h en fonction du type de test, voir l'ISO/TR 4870:1991, page 12.

Les échantillons «de parole» peuvent être énoncés directement ou être préenregistrés. Les enregistrements des éléments de test sont généralement conformes à l'ISO/TR 4870. Il est recommandé que les paramètres électriques d'un système d'enregistrement tels que la réponse en fréquence, les distorsions non linéaires et le rapport signal-bruit soient suffisamment corrects pour pouvoir être considérés comme des paramètres idéaux par comparaison avec les paramètres respectifs du système soumis à l'essai. Pour procéder à l'enregistrement, il convient de placer le locuteur dans un environnement calme et absorbant. Il y a lieu de consigner la distance entre la bouche du locuteur et le microphone.

**ISO 9921:2003(F)**

Il convient que le locuteur ait une bonne connaissance de la grammaire du texte utilisé pour le test. Ce dernier bénéficie généralement d'une rétroaction visuelle lui permettant de contrôler le niveau et la synchronisation des éléments énoncés. Il est recommandé d'utiliser le même type de rétroaction dans le cas de paroles directes et enregistrées. Les locuteurs doivent être entraînés de manière à parvenir à un niveau de pression acoustique stable de paroles prononcées ( $65 \text{ dB} \pm 3 \text{ dB}$ ) en moyenne, à une distance de 1 m par rapport à leurs lèvres. Pour des détails, voir l'ISO/TR 4870.

Il convient que les auditeurs connaissent bien le système de communication soumis à l'essai. Ils doivent également se familiariser avec la procédure utilisée pour le test. Ils reçoivent généralement des instructions écrites.

Il est bon que les auditeurs s'entraînent jusqu'à ce qu'ils connaissent bien la procédure et les mots utilisés pour le test. Il convient que leur formation comprenne l'audition de tous les mots constitutifs d'une liste dans des conditions de silence absolu, en utilisant un système de communication non déformé. La formation se poursuit généralement jusqu'à ce que les auditeurs parviennent à un niveau de performance de 100 % ou presque dans des conditions idéales. Il y a lieu que leur formation comprenne l'audition des voix de tous les locuteurs en présence. Il n'y a généralement aucun contact visuel entre le locuteur et l'auditeur afin d'éviter que ce dernier ne lise les mots prononcés par le locuteur sur ses lèvres.

**B.4 Administration du test d'intelligibilité**

Le test d'intelligibilité comprend généralement un certain nombre de conditions d'essai dans la mesure où plusieurs systèmes de communication ou plusieurs états d'un système de communication (par exemple différents rapports signal parlé-bruit) doivent être mesurés, entraînant différentes évaluations d'intelligibilité. L'utilisation de conditions de référence est toutefois recommandée lorsqu'une seule condition d'essai doit faire l'objet d'une évaluation.

Lorsque plusieurs conditions font l'objet de mesures, il convient de les présenter selon un schéma expérimental équilibré, qui neutralise l'influence de différents facteurs aléatoires que les mesures ne peuvent pas contrôler entièrement, tels que l'effet d'apprentissage par les auditeurs. Il est recommandé de recueillir les autres informations utiles à la performance de l'auditeur. Ceci comprend les informations concernant le niveau de confiance accordé aux réponses fournies par les auditeurs ainsi que les opinions de ces derniers relatives au système mesuré. Toutes les variables importantes pour les conditions d'essai sont généralement choisies de manière préalable ou mesurées.

Dans le cas de paroles directes, il convient de contrôler et de consigner le niveau de parole, la vitesse d'élocution ainsi que l'effort vocal. Il est également recommandé de mesurer et de consigner le niveau de parole et de bruit à la fois au niveau du locuteur et au niveau des oreilles de l'auditeur. Dans le cas de paroles préenregistrées, il y a lieu de mesurer et de consigner le niveau de parole et de bruit au niveau des oreilles de l'auditeur.

Il convient de consigner et de décrire toute contrainte au niveau de la bouche et des lèvres (par exemple due à l'utilisation d'un casque spécial avec microphone) occasionnée par le dispositif de communication.

**B.5 Analyse statistique et documentation des résultats**

Dans le cas d'un test simple, il convient de calculer la note moyenne (pourcentage de réponses correctes) et l'écart-type correspondant, ce qui permet de prédire un intervalle de confiance à 96 %. Une analyse statistique, telle qu'une analyse de la variance (ANOVA) peut s'appliquer selon la construction du test (c'est-à-dire selon le nombre de locuteurs, d'auditeurs, de conditions et de répliques).

ISO 9921:2003(F)

## Annexe C (informative)

### Indice de transmission de la parole, STI

La méthode STI [7] [11] [12] [14] suppose que l'intelligibilité d'un signal parlé transmis est liée au maintien des différences spectrales initiales entre les sons vocaux. Il est possible de réduire ces différences spectrales par une limitation du filtre passe-bande, un bruit masquant, une distorsion temporelle (échos, réverbération et contrôle automatique de gain) et une distorsion non linéaire (surcharge, bruit de quantification). La réduction de ces différences spectrales peut être quantifiée par le rapport signal-bruit effectif obtenu pour un certain nombre de bandes de fréquences. Les aspects liés à la capacité auditive des êtres humains, tels que le masquage, le seuil de réception, les troubles de l'ouïe et les locuteurs et auditeurs non natifs, peuvent également réduire le rapport signal-bruit effectif. La méthode est fondée sur le calcul du rapport signal-bruit effectif dans sept bandes de fréquences appropriées (bandes d'octave, fréquences centrales comprises entre 125 Hz et 8 kHz). Les contributions pondérées de la fonction de transfert d'information quantifiée dans sept bandes d'octave donnent un indice unique, l'indice STI.

La méthode STI a été initialement développée pour effectuer des mesurages. À cet effet, un signal d'essai spécifique a été élaboré, qui, après sa transmission par le canal soumis à essai, a fait l'objet d'une analyse afin de déterminer les rapports signal-bruit effectifs dans différentes bandes de fréquences et de calculer l'indice STI. Le signal d'essai a été conçu de sorte que, au terme de l'analyse, des informations puissent être obtenues sur la plupart des types de distorsion mentionnés ci-dessus. Plus particulièrement, la distorsion temporelle et la distorsion non linéaire requièrent un signal d'essai et une analyse spécifiques.

Il est possible de prédire la valeur STI pour les canaux de transmission avec limitation du filtre passe-bande et niveau de bruit, sur la base du rapport signal-bruit dans les sept bandes d'octave. La prédiction de l'effet de la distorsion temporelle sur la valeur STI se limite toutefois à des échos et une réverbération uniques. Un algorithme simple est utilisé pour calculer la réverbération et seules des courbes de décroissance exponentielle continue peuvent être prises en compte. Ceci exclut la prédiction d'enceintes à couplage acoustique et d'environnements très complexes<sup>1)</sup>. L'utilisation d'un algorithme simple ne permet pas de prédire l'effet de la distorsion non linéaire sur la valeur STI.

La CEI 60268-16 décrit le mesurage de l'indice STI.

La prédiction de la valeur STI peut s'effectuer selon les neuf étapes suivantes.

**Étape 1:** Déterminer le spectre de la parole dans sept bandes d'octave au niveau de l'oreille du locuteur.

Ceci inclut la détermination de l'effort vocal (y compris l'effet Lombard et l'effet dû au port d'un protecteur individuel contre le bruit, voir Annexe A), du spectre de la parole «masculine/féminine», de la distance entre le locuteur et l'auditeur et de l'effet de la limitation du filtre passe-bande.

**Étape 2:** Déterminer le spectre de bruit dans sept bandes d'octave au niveau de l'oreille de l'auditeur.

**Étape 3:** Pour chaque bande, déterminer le rapport signal-bruit, sur la base des spectres de la parole et du bruit et convertir ces rapports signal-bruit dans les valeurs de  $m$  correspondantes.

$$m = 10 \exp \frac{10 S}{S + N}$$

1) Des environnements plus complexes peuvent être inclus avec des algorithmes de prédiction tels que l'algorithme de lancer de rayon.

où

$S$  est le niveau de parole, en décibels, et

$N$  le niveau de bruit, en décibels.

Lorsqu'aucune distorsion temporelle ne doit être prise en compte, passer à l'étape 6.

**Étape 4:** Déterminer le temps de réverbération de décroissance précoce de l'environnement d'écoute et calculer la fonction de transfert de modulation (spécifique à une bande d'octave) à l'aide de la formule donnée dans la CEI 60268-16:1998, A.2.1 et Annexe D. Ce calcul produit 14 valeurs de  $m$  par bande d'octave.

**Étape 5:** Pour chaque bande d'octave, corriger les sept valeurs de  $m$  obtenues à l'étape 3 avec la fonction de transfert de modulation obtenue à l'étape 4. Cette correction s'effectue en multipliant la fonction de transfert de modulation par la valeur de  $m$  spécifique à une bande d'octave obtenue à l'étape 3.

**Étape 6:** Corriger les valeurs de  $m$  pour les effets auditifs (masquage, seuil de réception).

**Étape 7:** Déterminer les rapports signal-bruit effectifs dans les limites de gamme (– 15 dB à + 15 dB).

**Étape 8:** Déterminer les indices de transfert de modulation (ITM) à partir de ces rapports signal-bruit effectifs.

**Étape 9:** Calculer la valeur STI, à partir des indices ITM.

**ISO 9921:2003(F)**

## **Annexe D (informative)**

### **Présentation générale des moyens de communication et des paramètres connexes**

#### **D.1 Généralités**

La Figure D.1 présente un synoptique modulaire des trois principaux moyens de communication parlée entre des personnes. Chaque module, auquel fait référence la section appropriée de la présente Norme internationale, est décrit de manière détaillée. Il est conseillé de procéder à un inventaire de chaque module du canal de communication et d'identifier les éléments pertinents qui déterminent la performance du système complet. Trois systèmes sont décrits, en D.2, D.3 et D.4, par leurs modules ou leurs composantes, organisés comme suit:

- entrant: locuteur;
- canal: environnement (local), système de transmission;
- extrant: auditeur.

#### **D.2 Communication directe sans utilisation de dispositif électroacoustique**

Les principaux paramètres d'une communication de personne à personne sont le locuteur, l'auditeur et l'environnement acoustique dans lequel se trouvent ces derniers. Les paramètres suivants sont identifiés.

##### **a) Locuteur:**

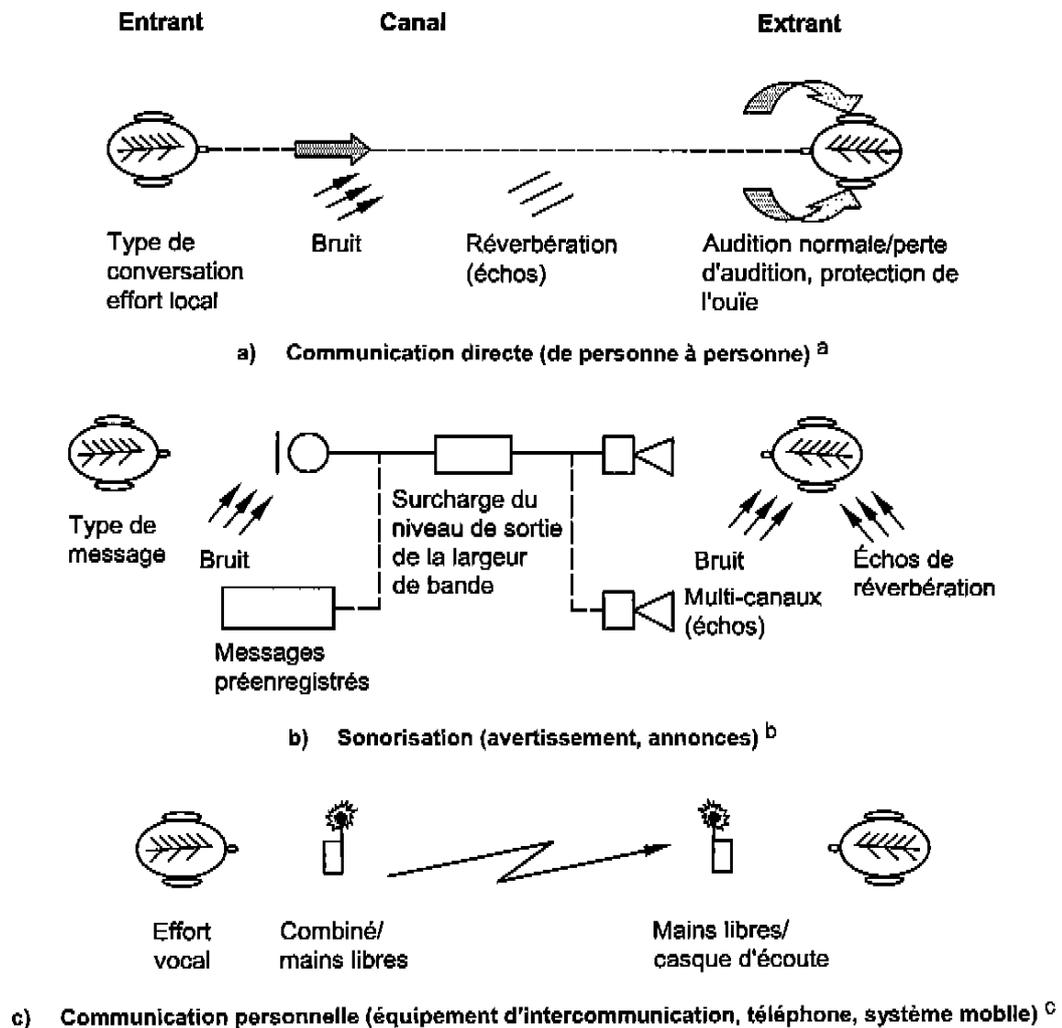
- caractéristiques du locuteur: sexe (masculin ou féminin), âge, troubles du langage;
- langue (locuteur natif, non natif, voir A.6);
- type de parole (complexité, voir Annexe F, Figure F.1);
- effort vocal, y compris effet Lombard et parole à énonciation forte (voir A.1, A.2 et A.3);
- direction d'élocution [directivité, réduite dans la présente Norme internationale à une communication face à face (directe)];
- port d'un protecteur individuel contre le bruit (voir A.4).

##### **b) Environnement:**

- bruit ambiant (niveau, spectre, voir Annexes A, C et E);
- distorsion temporelle (réverbération, échos, voir Annexe C);
- distance entre le locuteur et l'auditeur (voir A.5).

##### **c) Auditeur:**

- caractéristiques de l'auditeur: sexe (masculin ou féminin) âge, troubles de l'audition;
- langue (auditeur natif, non natif, voir A.6);
- protection de l'ouïe (serre-tête, bouchons d'oreille, casque, voir A.4).



<sup>a</sup> Atelier, bureau, salle de conférence, auditorium.

<sup>b</sup> Alerte/avertissement dans lieux publics, sonorisation, bureaux, boutiques, gares ferroviaires, transports à l'intérieur.

<sup>c</sup> Téléphone, équipement d'intercommunication, téléphones mobiles, sites de commande et de contrôle.

**Figure D.1 — Synoptique des trois moyens de communication: communication directe, sonorisation, et système de communication personnelle**

### D.3 Communication par système de sonorisation

La communication par système de sonorisation (PA) utilise des dispositifs électroacoustiques tels que microphones, amplificateurs et haut-parleurs. Les spécifications des modules suivants doivent être prises en compte lors de l'estimation de la performance:

a) Locuteur:

— voir D.2;

— messages préenregistrés: (intelligibilité initiale de la parole reproduite, aucune référence).

**ISO 9921:2003(F)**

## b) Microphone:

- distance et position d'énonciation (voir D.2 et A.5);
- réponse en fréquence (voir Annexe C);
- élimination du bruit (détermination du gain dans l'amélioration du rapport signal-bruit);
- spectre de bruit dans la zone d'énonciation (voir Annexes C et E).

## c) Amplificateur (de puissance):

- réponse en fréquence (voir Annexe C);
- distorsion non linéaire (surcharge, voir Annexe C);
- réglage pour les sensibilités du microphone et du haut-parleur (détermination du niveau de sortie).

## d) Haut-parleur (en faisceau):

- niveau de puissance acoustique;
- réponse en fréquence (voir Annexe C);
- directivité (zone à couvrir);
- sortie à voies multiples («temps mort» entre les faisceaux et les échos associés, voir Annexe E).

## e) Environnement:

- transmission acoustique vers l'auditeur (bruit, réverbération, échos, voir Annexe C).

## f) Auditeur:

- voir D.2.

**D.4 Communication par l'intermédiaire d'un système de communication personnelle**

Les systèmes de communication personnelle utilisent la technologie par câble ou radio pour les communications entre les utilisateurs. En principe, les aspects en rapport avec le locuteur – et l'auditeur – sont semblables à ceux observés avec les systèmes de communication directe et de sonorisation. Les systèmes de communication personnelle peuvent utiliser des techniques d'utilisation en mains libres, ceci pouvant accroître l'influence de l'environnement acoustique. Les caractéristiques des modules suivants doivent être spécifiées:

## a) Locuteur:

- voir D.2.

## b) Microphone:

- distance et position d'énonciation (voir également D.2);
- réponse en fréquence (voir Annexe C);
- élimination du bruit (détermination du gain dans l'amélioration du rapport signal-bruit);
- spectre de bruit dans la zone d'énonciation (voir Annexes C et E).

- c) Canal de transmission:
  - réponse en fréquence (voir Annexe C);
  - commande automatique de gain (dynamique, pour l'attaque rapide et le temps de décroissance, utiliser la fonction de transfert de modulation, voir Annexe C);
  - distorsion non linéaire (surcharge, codage spécifique de la parole, voir Annexe C);
  - bruit dû à la transmission (voir Annexes C et E);
  - niveau de puissance acoustique (bruit, réverbération, distance à laquelle se situe l'auditeur).
- d) Haut-parleur:
  - niveau de puissance;
  - réponse en fréquence (voir Annexe C);
  - directivité.
- e) Auditeur:
  - niveau de signal (détermination du rapport signal-bruit);
  - bruit ambiant (détermination du rapport signal-bruit);
  - distorsion temporelle (réverbération, échos, voir Annexe C).

ISO 9921:2003(F)

## Annexe E (normative)

### Niveau d'interférence avec la parole, SIL

#### E.1 Généralités

Le niveau d'interférence avec la parole propose une méthode simple de prédiction ou d'évaluation de l'intelligibilité de la parole dans les cas de communication directe dans une ambiance bruyante [3][9]. Il tient compte d'une moyenne arithmétique du spectre de bruit (aucune contribution dépendante de la fréquence), de l'effort vocal du locuteur et de la distance entre le locuteur et l'auditeur. Il convient d'utiliser cette méthode uniquement dans les situations où d'autres méthodes d'évaluation et de prédiction de l'intelligibilité de la parole ne peuvent être appliquées.

#### E.2 Bruit ambiant

Les niveaux de pression acoustique dans les bandes d'octave de 500 Hz, 1 000 Hz, 2 000 Hz et 4 000 Hz doivent être déterminés dans la position de l'auditeur dans des conditions de bruit typiques de la période de communication afin de calculer le niveau d'interférence du bruit avec la parole,  $L_{SIL}$ . Dans des conditions normales, un niveau de pression acoustique équivalent doit être déterminé, et ce niveau est généralement, pour des raisons de sécurité, la valeur maximale d'un niveau de pression acoustique déterminé avec une pondération temporelle «lente» du sonomètre.

Le niveau d'interférence du bruit avec la parole ( $L_{SIL}$ ) est calculé comme la moyenne arithmétique des niveaux de pression acoustique du bruit ambiant dans quatre bandes d'octave de fréquences centrales 500 Hz, 1 000 Hz, 2 000 Hz et 4 000 Hz. L'équation suivante définit cette relation.

$$L_{SIL} = \frac{1}{4} \sum L_{N, \text{ocl}, i}$$

pour  $i = 1, 4$

NOTE Certains symboles utilisés dans cette annexe sont définis dans l'Annexe G.

#### E.3 Niveau de parole

Le niveau du signal parlé est déterminé par l'effort vocal du locuteur (A.1), en tenant compte du niveau de bruit ambiant (voir A.2), de l'effet de la parole prononcée avec un effort vocal fort (voir A.3), de l'utilisation d'un protecteur individuel contre le bruit (voir A.4), de la distance (A.5) et des locuteurs non natifs (A.6). L'effort vocal du locuteur est décrit par le niveau de pression acoustique pondéré A équivalent continu de la parole à une distance de 1 m de la bouche du locuteur tel qu'indiqué dans le Tableau A.1.

#### E.4 Paramètre définissant l'intelligibilité

Le niveau SIL est défini comme la différence entre le niveau de parole  $L_{S, A, L}$  et le niveau d'interférence du bruit avec la parole  $L_{SIL}$ , tous deux étant déterminés dans la position de l'auditeur. Une intelligibilité correcte de la communication parlée est assurée lorsque la différence des niveaux,  $SIL = L_{S, A, L} - L_{SIL}$ , est  $\geq 10$  dB dans la position de l'auditeur. Pour l'interprétation du niveau SIL, voir le Tableau F.1.

## Annexe F (informative)

### Évaluation de l'intelligibilité pour les communications parlées

#### F.1 Généralités

Des tests subjectifs (reposant sur des locuteurs et des auditeurs) ou des méthodes objectives (fondées sur les propriétés physiques du canal de transmission ainsi que sur la description physique du processus d'élocution et d'écoute) permettent de déterminer la performance d'un canal de communication parlée.

#### F.2 Méthodes d'essai subjectives

Un certain nombre de tests d'intelligibilité subjectifs ont été mis au point pour l'évaluation des systèmes de communication parlée [2] [3] [5] [6] [8] [9] [10].

Les éléments de langage et la procédure de réponse utilisés dans le test retenu permettent de catégoriser les tests d'intelligibilité subjectifs. Les plus petits éléments soumis au test relèvent du niveau segmental, c'est-à-dire les phonèmes. Les autres éléments de test sont des combinaisons de consonne et de voyelle et inversement, ainsi que des combinaisons consonne, voyelle, consonne, des mots dépourvus de sens, des mots ayant un sens, des phrases ainsi que la validation de conversations brèves (voir Annexe B).

Le test peut être conçu sous forme de procédure de réponse à ensemble fermé ou à ensemble ouvert. Dans la procédure à ensemble fermé, l'auditeur doit sélectionner l'élément le plus probable parmi les différentes alternatives que présente le test. Ceci s'applique normalement avec les tests de rimes (par exemple le test de rimes modifiées [6]). Une réponse à ensemble ouvert permet à l'auditeur de répondre librement avec les éléments dont il est persuadé qu'ils ont été présentés.

Outre l'intelligibilité, il est possible de déterminer la qualité de la communication parlée et l'effort vocal en utilisant les méthodes des questionnaires ou les méthodes d'échelonnement. Les qualités subjectives devant être évaluées comprennent l'impression générale, le caractère naturel, la bruyance, la clarté, etc. L'évaluation de la qualité de la communication parlée intervient généralement pour les canaux de communication à forte intelligibilité pour lesquels il n'est pas possible d'appliquer la plupart des tests d'intelligibilité en raison des effets de saturation.

#### F.3 Méthodes d'essai objectives

Les évaluations objectives de l'intelligibilité reposent généralement sur les propriétés physiques pertinentes du canal de transmission existant entre le locuteur et l'auditeur. Il est possible de prédire l'intelligibilité associée à partir des dégradations mesurées. Les évaluations objectives tiennent compte des aspects d'élocution et d'audition tels que l'effet Lombard, l'effort vocal, le masquage, le seuil de réception et la protection de l'ouïe (couverts par les méthodes STI et SII et partiellement par la méthode SIL). La méthode STI couvre, de plus, les distorsions temporelles (réverbération, échos et commande automatique de gain) et la non-linéarité.

La méthode STI permet d'effectuer des mesures objectives directes en utilisant des signaux d'essai spécifiques. Cette méthode permet également de déterminer les propriétés physiques pertinentes (FTM, «fonction de transfert de modulation», non-linéarité) du canal de transmission. Les algorithmes utilisés pour les mesures objectives et la prédiction sont identiques mais seules les mesures in situ évaluent l'effet des distorsions non linéaires.

Pour tout spectre de bruit, les méthodes STI et SII quantifiées ont une précision comprise entre 1 dB et 2 dB. La méthode SIL a une précision comprise entre 2 dB et 3 dB. La méthode SIL peut produire des erreurs systématiques, en particulier pour les signaux de bruit ayant un spectre de fréquences non contigu.

**ISO 9921:2003(F)****F.4 Relation entre différentes évaluations d'intelligibilité**

Le Tableau F.1 présente la relation entre l'évaluation de l'intelligibilité et certaines évaluations subjectives et objectives de cette dernière. La Figure F.1 indique la gamme d'utilisation effective de chaque méthode d'essai.

Les mots CVC<sub>EQB</sub> dépourvus de sens<sup>2)</sup> se différencient sur une large gamme, tandis que les mots-clés ayant un sens<sup>3)</sup> se différencient sur une gamme légèrement moins étendue [2]. Les phrases (et les chiffres associés ainsi que l'alphabet) présentent une certaine saturation à des niveaux de faible intelligibilité, ce qui implique qu'il n'est pas possible de soumettre à un test ces types d'éléments constitutifs de la parole afin d'évaluer les conditions présentant une qualification autre (supérieure) que «faible». Ces effets de saturation peuvent être dus

- a) à la redondance des mots dans une phrase,
- b) au nombre limité de mots-clés pour les chiffres et l'alphabet, et
- c) aux conditions dans lesquelles une reconnaissance correcte des mots est déterminée principalement par une reconnaissance des voyelles puis par les consonnes.

Les évaluations et les notes d'intelligibilité sont obtenues pour les auditeurs dont l'ouïe est normale. L'effet de l'effort vocal du locuteur, des accents et des locuteurs non natifs (voir Annexe A) peut également être pris en compte, mais non les déficiences du locuteur (défauts pathologiques).

---

2) EQB (distribution équilibrée des phonèmes): cette distribution est fréquemment utilisée pour la compilation des listes de mots dépourvus de sens. L'avantage est que le taux d'erreur de chaque phonème est déterminé avec une précision égale et que cela permet d'obtenir une grille de correction équilibrée [13].

3) Les mots-clés ayant un sens sont naturellement phonétiquement équilibrés (PB), la distribution de fréquence des phonèmes est donc représentative du langage utilisé. Les notes par mots ayant un sens sont généralement supérieures à celles obtenues avec des mots dépourvus de sens dans la mesure où la familiarité des mots accroît la note.

Tableau F.1 — Évaluation de l'intelligibilité et relations entre différents indices d'intelligibilité

| Évaluation de l'intelligibilité <sup>a</sup> | Note par phrase <sup>b</sup> | Note par type de mots phonétiquement équilibrés ayant un sens <sup>c</sup> | Note par type de mots CVC <sub>EQB</sub> dépourvus de sens | STI <sup>d</sup> | SIL <sup>d</sup> | SII <sup>e</sup> |
|--|------------------------------|--|--|------------------|------------------|------------------|
|  | %                            | %  | %  |                  | dB               |                  |
| Excellente                                   | 100                          | > 98   | > 81   | > 0,75           | 21               | –                |
| Bonne  | 100                          | 93 à 98  | 70 à 81  | 0,60 à 0,75      | 15 à 21          | > 0,75           |
| Correcte                                     | 100                          | 80 à 93  | 53 à 70  | 0,45 à 0,60      | 10 à 15          | –                |
| Faible                                       | 70 à 100                     | 60 à 80  | 31 à 53  | 0,30 à 0,45      | 3 à 10           | < 0,45           |
| Mauvaise                                     | < 70                         | < 60   | < 31   | < 0,30           | < 3              | –                |

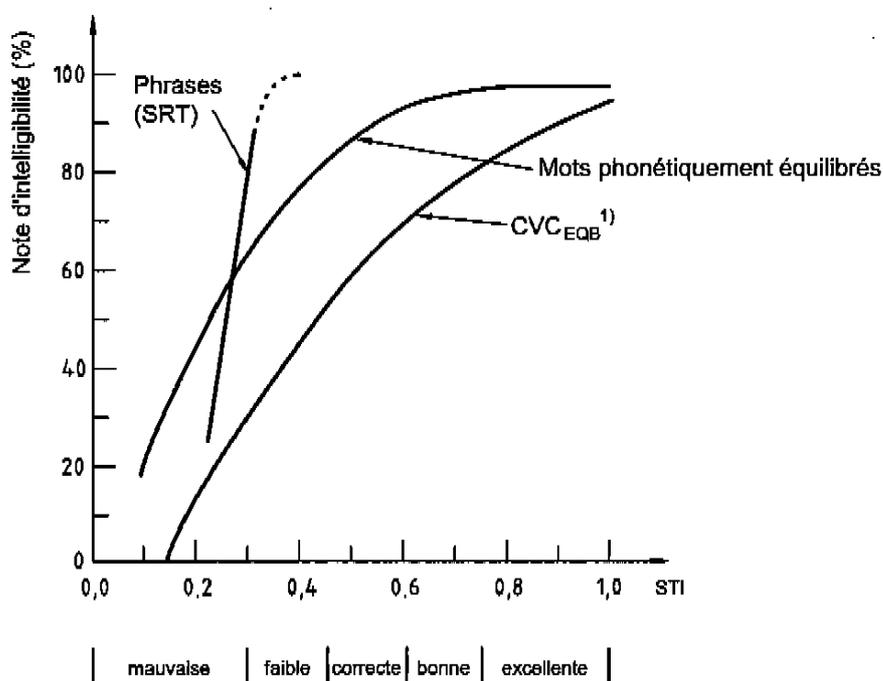
<sup>a</sup> Qualification conformément à une échelle à cinq points [7] [8] [14].

<sup>b</sup> La note par phrase fait référence à des phrases simples [10], aux mots CVC<sub>EQB</sub> dépourvus de sens avec une distribution équilibrée des phonèmes (12, 13), et à la note des mots phonétiquement équilibrés (relative à la liste de Harvard phonétiquement équilibrée) [2].

<sup>c</sup> Selon Anderson et Kalb (1987) [2].

<sup>d</sup> Les méthodes SIL (Annexe E) et SII (Annexe C) ne font référence qu'aux conditions de bruit ambiant.

<sup>e</sup> La procédure SII ne prévoit pas d'intervalles de qualification. La norme ANSI [1] prévoit deux valeurs de référence, à savoir bonne > 0,75 et faible < 0,45.



1) Voir F.4.

Figure F.1 — Relation entre la qualification et certaines évaluations subjectives et objectives de l'intelligibilité [2] [10] [11] [13] [14]

**ISO 9921:2003(F)****Annexe G  
(normative)****Définition des symboles**

|                 |   |
|-----------------|---|
| $L_{S, A, 1 m}$ | Niveau de pression acoustique pondéré A équivalent continu de la parole à une distance de 1 m de la bouche.   |
| $L_{S, A, L}$   | Niveau de pression acoustique pondéré A équivalent continu de la parole au niveau de l'oreille de l'auditeur. |
| $L_{N, oct, i}$ | Niveau de pression d'octave du bruit ambiant au niveau de l'oreille de l'auditeur dans la bande d'octave «i». |
| $L_{SIL}$       | Niveau d'interférence du bruit avec la parole au niveau de l'oreille de l'auditeur.                           |

## Annexe H (informative)

### Exemples d'applications des méthodes de prédiction de l'intelligibilité

#### H.1 Communications directes

##### H.1.1 Introduction

La communication directe couvre la situation dans laquelle le locuteur et l'auditeur se trouvent dans le même environnement et sont face l'un à l'autre. L'effet de la lecture labiale sur l'intelligibilité perçue n'est toutefois pas inclus. Les paramètres pertinents nécessaires à la prédiction de l'intelligibilité sont les suivants:

- a) spectre de la parole (locuteur masculin ou féminin);
- b) effort vocal du locuteur;
- c) distance entre le locuteur et l'auditeur (de la bouche aux oreilles);
- d) spectre du bruit ambiant;
- e) propriétés acoustiques de l'environnement (réverbération, échos).

La méthode SIL traite des paramètres a) à d), et la méthode STI traite des paramètres a) à e).

Dans le cas d'une communication directe, les positions du locuteur et de l'auditeur sont généralement proches. Les propriétés acoustiques de l'environnement peuvent par conséquent n'avoir qu'un effet limité sur l'intelligibilité.

Spécifications relatives à l'exemple concernant une communication directe:

- sexe du locuteur: masculin;
- effort vocal: normal;
- distance par rapport à l'auditeur: 2 m;
- spectre de bruit ambiant: voir Tableau H.1.

**Tableau H.1 — Spectre de bruit ambiant**  
(niveau d'octave en dB, re 20  $\mu$ Pa)

| Bande d'octave (Hz) | 125  | 250  | 500  | 1 000 | 2 000 | 4 000 | 8 000 | Linéaire | Pondérée A |
|---------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|----------|------------|
| Niveau (dB)         | 41,0 | 43,0 | 50,0 | 47,0  | 42,0  | 42,0  | 39,0  | 53,5     | 51,7       |

Ces spécifications permettent de déterminer le niveau SIL et l'indice STI. Comme toutes ces évaluations utilisent un algorithme différent, les calculs doivent être effectués séparément.

NOTE Certains symboles utilisés dans cette annexe sont définis dans l'Annexe G.

**ISO 9921:2003(F)****H.1.2 Calcul de SIL**

Selon l'Annexe A, le niveau de pression acoustique pondéré A continu équivalent de la parole  $L_{S, A, 1 m}$  est de 60 dB.

Ceci donne un niveau  $L_{S, A, L}$  de 54 dB (application de  $L_{S, A, L} = L_{S, A, 1 m} - 20 \lg \frac{R}{R_0}$ )

Le niveau SIL est obtenu à partir du calcul du niveau d'octave moyen des bandes d'octave dont la fréquence est comprise entre 500 Hz et 4 000 Hz. Ceci donne

$$L_{SIL} = \frac{50 + 47 + 42 + 42}{4} = 45,3 \text{ dB}$$

Le paramètre qui permet de déterminer l'intelligibilité de la parole est la valeur suivante:

$$SIL = L_{S, A, L} - L_{SIL} = 54 - 45,3 = 8,7 \text{ dB}$$

Cette valeur correspond à l'évaluation d'intelligibilité «faible».

**H.1.3 Calcul de STI**

Étape 1: conformément à la CEI 60268-16:1998, le spectre de la parole d'un locuteur masculin, ayant une élocution normale, à une distance de 1 m de la bouche est indiqué dans le Tableau H.2.

**Tableau H.2 — Spectre de la parole, d'un locuteur masculin à une distance de 1 m de la bouche**  
(niveau d'octave en dB, re 20 µPa)

| Bande d'octave (Hz) | 125  | 250  | 500  | 1 000 | 2 000 | 4 000 | 8 000 | Linéaire | Pondérée A |
|---------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|----------|------------|
| Niveau à 1 m (dB)   | 62,9 | 62,9 | 59,2 | 53,2  | 47,2  | 41,2  | 35,2  | 67,0     | 60,0       |
| Niveau à 2 m (dB)   | 56,9 | 56,9 | 53,2 | 47,2  | 41,2  | 35,2  | 29,2  | 61,0     | 54,0       |

NOTE La conversion des niveaux d'une distance de 1 m à une distance de 2 m par rapport au locuteur est similaire à la méthode appliquée pour le calcul du SIL.

Étapes 2 + 3: les rapports signal-bruit et indices de transmission (IT) effectifs dans les sept bandes d'octave utilisées pour calculer l'indice STI sont indiqués dans le Tableau H.3.

**Tableau H.3 — Conversion de rapports signal-bruit effectifs en indices de transmission dans sept bandes d'octave**

| Bande d'octave (Hz)       | 125  | 250  | 500  | 1 000 | 2 000 | 4 000 | 8 000 |
|---------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| Rapport signal-bruit (dB) | 15,9 | 13,9 | 3,2  | 0,2   | -0,8  | -6,8  | -9,8  |
| IT                        | 1,00 | 0,96 | 0,61 | 0,51  | 0,47  | 0,27  | 0,17  |

Étapes 4 + 5: ces étapes ne sont pas suivies dans la mesure où aucune réverbération n'est spécifiée.

Étapes 6 + 7: l'indice STI obtenu est de 0,48, ce qui correspond à l'évaluation d'intelligibilité «correcte».

En résumé: SIL = 8,7 dB, STI = 0,48.

## H.2 Application d'un système de sonorisation dans un environnement réverbérant

### H.2.1 Généralités

Un système de sonorisation est utilisé dans une salle passablement réverbérante (par exemple une salle d'attente avec des dalles en céramique et des parois en béton lisse). Les mesurages suivants sont nécessaires:

- mesurages du temps de décroissance précoce (EDT) dans des bandes d'octave, quantifiant le temps de réverbération de l'environnement pour l'intervalle des 10 à 15 premiers dB de la courbe de décroissance. Voir Tableau H.4;
- fonctions de transfert électroacoustique dans les bandes d'octave de tous les systèmes utilisés (microphone, amplificateurs, haut-parleurs). Une combinaison de la fonction de transfert globale est requise, mettant en relation les spectres d'entrée de la parole au niveau de l'entrée du microphone avec les spectres de sortie de la parole dans une position donnée de l'auditeur. Voir Tableau H.4.

**Tableau H.4 — Temps de décroissance précoce et transfert de fréquence pour sept bandes d'octave**

| Fréquence centrale de bande d'octave (Hz)  | 125    | 250 | 500  | 1 000 | 2 000 | 4 000 | 8 000 |
|--|--------|-----|------|-------|-------|-------|-------|
| EDT (s)  | 4,0    | 3,1 | 2,4  | 1,9   | 1,5   | 1,1   | 0,7   |
| Fonction de transfert du système total (locuteur situé à 0,25 m du microphone, auditeur dans une position donnée dans l'auditorium) (dB) | - 30,0 | 5,0 | 15,0 | 20,0  | 24,0  | 20,0  | 2,0   |

Spécifications relatives à cet exemple:

- sexe du locuteur: féminin;
- effort vocal: détendu;
- distance entre le haut-parleur et l'auditeur: n'est pas utile pour ce calcul de l'indice STI, mais relativement proche des conditions pour lesquelles la fonction de transfert a été déterminée;
- spectre de bruit ambiant: voir Tableau H.5.

**Tableau H.5 — Spectre de bruit ambiant**  
(niveau d'octave en dB, re 20  $\mu$ Pa)

| Fréquence centrale de bande d'octave (Hz) | 125  | 250  | 500  | 1 000 | 2 000 | 4 000 | 8 000 | Linéaire | Pondérée A |
|---|------|------|------|-------|-------|-------|-------|----------|------------|
| Niveau (dB)                               | 61,0 | 63,0 | 70,0 | 67,0  | 62,0  | 62,0  | 59,0  | 73,5     | 71,7       |

### H.2.2 Calcul de l'indice STI

Étape 1: la CEI 60268-16:1998 donne le spectre de la parole pour un locuteur de sexe féminin (effort vocal détendu). En supposant que la distance entre le locuteur et le microphone est de 25 cm, il est possible de calculer le spectre de la parole dans la position du microphone de la même manière que dans l'exemple 1.

Le spectre de la parole (niveau d'octave en dB, re 20  $\mu$ Pa) est donné dans le Tableau H.6.

## ISO 9921:2003(F)

**Tableau H.6 — Spectre de la parole d'un locuteur féminin à une distance de 1 m de la bouche**  
(niveau d'octave en dB, re 20  $\mu$ Pa)

| Fréquence centrale de bande d'octave (Hz) | 125  | 250  | 500  | 1 000 | 2 000 | 4 000 | 8 000 | Linéaire | Pondérée A |
|---|------|------|------|-------|-------|-------|-------|----------|------------|
| Niveau à une distance de 0,25 m (dB)      | 61,6 | 71,3 | 64,1 | 56,9  | 50,2  | 49,3  | 48,0  | 73,0     | 66,0       |

Étapes 2 et 3: pour déterminer les rapports signal-bruit effectifs au niveau de l'oreille de l'auditeur, les spectres de la parole observés avec le système de sonorisation dans la position d'écoute doivent être calculés à l'aide de la fonction de transfert de fréquences globale. Associé au spectre du bruit ambiant, ce calcul donne le rapport signal-bruit pour chaque bande d'octave. Les valeurs du rapport signal-bruit peuvent être exprimées par les valeurs relatives de l'indice de modulation selon le concept STI. Ces valeurs constituent des valeurs de référence pour d'autres calculs.

Niveaux de la parole dans la position de l'auditeur, rapports signal-bruit et valeurs de l'indice de modulation ( $m$ ) pour les sept bandes d'octave sur lesquelles est fondé l'indice STI sont donné(e)s dans le Tableau H.7.

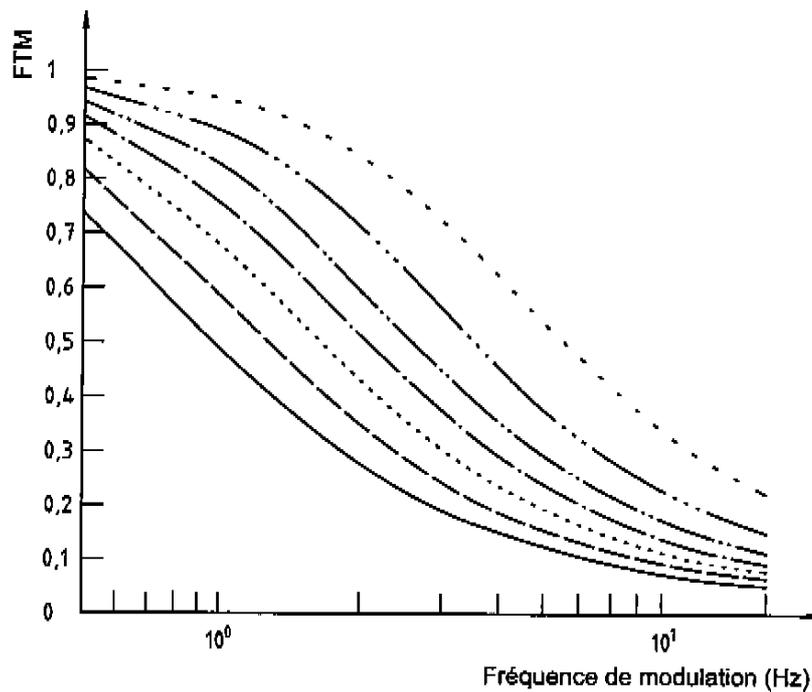
**Tableau H.7 — Spectre de la parole, rapports signal-bruit et valeurs de l'indice de modulation pour sept bandes d'octave**

| Fréquence centrale de bande d'octave (Hz)                | 125    | 250  | 500  | 1 000 | 2 000 | 4 000 | 8 000 | Linéaire | Pondérée A |
|--|--------|------|------|-------|-------|-------|-------|----------|------------|
| Spectre de la parole dans la position de l'auditeur (dB) | 31,6   | 76,3 | 79,1 | 76,9  | 74,2  | 69,3  | 50,0  | 83,2     | 81,4       |
| Rapport signal-bruit (dB)                                | - 29,4 | 13,3 | 9,1  | 9,9   | 12,2  | 7,3   | - 9,0 | —        | —          |
| Valeurs de $m$   | 0,00   | 0,96 | 0,89 | 0,91  | 0,94  | 0,84  | 0,11  | —        | —          |

Étapes 4 et 5: la formule donnée dans la CEI 60268-16:1998 permet de calculer la contribution spécifique à une bande d'octave à partir de la fonction de transfert de modulation dans sept bandes d'octave (grille 14  $\times$  7, 14 fréquences de modulation dans sept bandes d'octave).

Les indices de modulation pour sept bandes d'octave et 14 indices de modulation sont déterminés. Ces données sont fondées sur les valeurs EDT.

Voir Figure H.1 et Tableau H.8.



Fréquence centrale (de bande) d'octave (Hz)

- 125
- · — · 250
- · · · · 500
- · — · — · 1 000
- · — · — · — · 2 000
- · — · — · — · — · 4 000
- · — · — · — · — · — · 8 000

Figure H.1 — Fonction de transfert de modulation pour sept bandes d'octave

Tableau H.8 — Fonction de transfert de modulation  
(indices de modulation en fonction de la fréquence)

| Fréquence de modulation<br>Hz | Fréquence centrale de bande d'octave<br>Hz |      |      |       |       |       |       |
|-------------------------------|--|------|------|-------|-------|-------|-------|
|                               | 125  | 250  | 500  | 1 000 | 2 000 | 4 000 | 8 000 |
| 0,63                          | 0,66                                       | 0,75 | 0,82 | 0,88  | 0,92  | 0,95  | 0,98  |
| 0,80                          | 0,57                                       | 0,66 | 0,75 | 0,82  | 0,88  | 0,93  | 0,97  |
| 1,00                          | 0,48                                       | 0,58 | 0,68 | 0,76  | 0,83  | 0,89  | 0,95  |
| 1,25                          | 0,40                                       | 0,49 | 0,59 | 0,68  | 0,76  | 0,85  | 0,93  |
| 1,60                          | 0,32                                       | 0,40 | 0,50 | 0,59  | 0,68  | 0,76  | 0,89  |
| 2,00                          | 0,26                                       | 0,33 | 0,42 | 0,50  | 0,59  | 0,71  | 0,84  |
| 2,50                          | 0,21                                       | 0,27 | 0,34 | 0,42  | 0,51  | 0,62  | 0,78  |
| 3,15                          | 0,17                                       | 0,21 | 0,28 | 0,35  | 0,42  | 0,54  | 0,71  |
| 4,00                          | 0,14                                       | 0,17 | 0,22 | 0,28  | 0,34  | 0,45  | 0,62  |
| 5,00                          | 0,11                                       | 0,14 | 0,18 | 0,23  | 0,28  | 0,37  | 0,53  |
| 6,30                          | 0,09                                       | 0,11 | 0,14 | 0,18  | 0,23  | 0,30  | 0,45  |
| 8,00                          | 0,07                                       | 0,08 | 0,11 | 0,14  | 0,18  | 0,24  | 0,37  |
| 10,0                          | 0,05                                       | 0,07 | 0,09 | 0,11  | 0,14  | 0,20  | 0,30  |
| 12,5                          | 0,04                                       | 0,06 | 0,07 | 0,09  | 0,12  | 0,16  | 0,24  |

**ISO 9921:2003(F)**

Pour le calcul de l'indice STI, sept facteurs de réduction de modulation sont calculés par moyennage de la FTM sur l'ensemble des 14 fréquences de modulation de chaque bande d'octave.

Les indices de modulation relatifs aux sept bandes d'octave, et aux 14 fréquences de modulation, sont tout d'abord convertis en rapports signal-bruit effectifs qui intègrent également l'effet de réverbération. Les indices de transmission sont calculés à partir de ces rapports signal-bruit (calculs conformes à la CEI 60268-16:1998). Voir Tableau H.9.

**Tableau H.9 — Indices de transmission obtenus**

| Fréquence centrale de bande d'octave (Hz) | 125  | 250  | 500  | 1 000 | 2 000 | 4 000 | 8 000 |
|---|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| TI  | 0,00 | 0,34 | 0,37 | 0,42  | 0,47  | 0,48  | 0,12  |

Étapes 6 et 7: l'indice STI qui en résulte est égal à 0,39, ce qui correspond à l'évaluation d'intelligibilité «faible». En cas de non-inclusion des effets de réverbération, l'indice STI calculé serait égal à 0,75.

## Bibliographie

- [1] ANSI S3.5-1997, Methods for the calculation of the Speech Intelligibility Index (SII)
- [2] ANDERSON, B.W. et KALB, J.T. (1987). English verification of the STI method for estimating speech intelligibility of a communications channel, *J. Acoust. Soc. Am.* **81**, pp. 1982-1985
- [3] BERANEK, L.L. (1947). Airplane quieting II specification of acceptable noise levels, *Trans. Amer. Soc. Mech. Engrs.* **69**, pp. 97-100
- [4] BS 7827:1996, *Designing, specifying, maintaining and operating emergency sound systems at sport venues*
- [5] FLETCHER, H. et STEINBERG, J.C. (1929). Articulation testing methods, *Bell Sys Tech. J.* **8**, p. 806
- [6] HOUSE, A.S., WILLIAMS, C.E., HECKER, M.H.L. et KRYTER, K.D. (1965). Articulation testing methods: Consonantal differentiation with a closed-response set, *J. Acoust. Soc. Am.* **37**, pp. 158-166
- [7] HOUTGAST, T. et STEENEKEN, H.J.M. (1984). A multi-lingual evaluation of the RASTI-method for estimating speech intelligibility in auditoria, *Acustica* **54**, pp. 185-199
- [8] LAZARUS, H. (1990). New methods for describing and assessing direct speech communication under disturbing conditions, *Environment International*, **16**, pp. 373-392
- [9] MILLER, G.A. et NICELY, P.E. (1955). An analysis of perceptual confusions among some English consonants, *J. Acoust. Soc. Am.* **27**, pp. 338-352
- [10] PLOMP, R. et MIMPEN, A.M., (1979). Improving the reliability of testing the speech reception threshold for sentences, *Audiology* **8**, pp. 43-52
- [11] STEENEKEN, H.J.M. et HOUTGAST, T. (1980) A physical method for measuring speech transmission quality, *J. Acoust. Soc. Am.* **67**, pp. 318-326
- [12] STEENEKEN, H.J.M. et HOUTGAST, T. Mutual dependence of the octave-band weights in predicting speech intelligibility, *Speech Communication* **28** (1999) pp. 109-123
- [13] STEENEKEN, H.J.M. et HOUTGAST, T. Phoneme-group specific octave-band weights in predicting speech intelligibility, *Speech Communication* **38** (2002)
- [14] STEENEKEN, H.J.M. et HOUTGAST, T. Validation of the STIr method with the revised model, *Speech Communication* **38** (2002)
- [15] WIJNGAARDEN, S.J., VAN, STEENEKEN, H.J.M. et HOUTGAST, T. (2002). Quantifying the intelligibility of speech in noise for non-native listeners, *J. Acoust. Soc. Am.* **111** (4)
- [16] ISO 7731, *Ergonomie — Signaux de danger pour les lieux publics et de travail — Signaux de danger auditifs*
- [17] ISO 11429, *Ergonomie — Système de signaux auditifs et visuels de danger et d'information*
- [18] CEI 60849, *Systèmes électroacoustiques pour services de secours*