



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Sound system equipment –
Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index**

**Équipements pour systèmes électroacoustiques –
Partie 16: Évaluation objective de l'intelligibilité de la parole au moyen
de l'indice de transmission de la parole**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.160.01

ISBN 978-2-8322-8862-7

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD	7
INTRODUCTION	9
1 Scope	12
2 Normative references	12
3 Terms and definitions	12
4 Description of the STI model.....	18
4.1 Overview.....	18
4.2 Applicability of the STI model.....	19
4.3 Theoretical details	19
4.3.1 Envelope function and envelope spectrum.....	19
4.3.2 Reduction of modulation	20
4.3.3 Role of the octave-band noise carriers.....	20
4.3.4 Theoretical overview.....	20
4.4 Measurement of STI.....	22
4.4.1 Direct and indirect methods	22
4.4.2 Full STI.....	23
4.4.3 STIPA.....	23
4.4.4 Choice of method	23
5 Direct method of measuring STI – User guidance	25
5.1 Overview.....	25
5.2 STIPA	26
5.3 Application	26
5.4 Limitations	26
6 Indirect method of measuring STI (impulse response) – User guidance	27
6.1 Overview.....	27
6.2 Application	27
6.3 Limitations (non-linear distortion).....	28
7 Limitations of the STI model	29
7.1 General.....	29
7.2 Frequency shifts	30
7.3 Centre clipping.....	30
7.4 Dropouts	30
7.5 Jitter	30
7.6 Digital voice compression systems.....	30
7.7 Overestimation of STI under low background noise conditions	31
7.8 Frequency response	31
7.9 Echoes	32
7.10 Fast amplitude compression and expansion	34
7.11 Non-linear distortion.....	35
7.12 Hearing impaired listeners	35
7.13 Impulsive and fluctuating noise	35
7.14 Conclusion.....	35
8 Measurement procedures, post-processing of data and applications.....	36
8.1 General.....	36
8.2 Acoustical input	36

8.3	Acoustical output	38
8.4	Electrical input	38
8.5	Electrical output	38
8.6	Examples of input/output combinations	38
8.6.1	Acoustical input – Acoustical output	38
8.6.2	Electrical input – Electrical output (e.g. assessment of wired and wireless) communication systems)	38
8.6.3	Acoustical input – Electrical output (e.g. assessment of microphones)	38
8.6.4	Electrical input – Acoustical output (e.g. assessment of PA systems)	39
8.7	Spatial averaging of STI measurements	39
8.8	Post-processing of measured MTF data	40
8.9	Issues concerning noise	40
8.9.1	General	40
8.9.2	Measurement of background noise	41
8.9.3	Fluctuating noise	41
8.10	Analysis and interpretation of the results	41
8.11	Binaural STI measurements	42
9	Use of the STI as a design prediction tool	42
9.1	Overview	42
9.2	Statistical predictions	43
9.3	Prediction from simulated impulse response	43
Annex A (informative)	The basis of the STI concept	44
A.1	Introduction to this annex	44
A.1.1	Purpose	44
A.1.2	Modulation transfer function (MTF)	44
A.1.3	STI model	45
A.1.4	STI modulation frequencies	46
A.2	Calculation of the STI	46
A.2.1	General equation for STI	46
A.2.2	Gender-specific octave band weighting and redundancy factors	47
A.2.3	Adjustment of the MTF for ambient noise	48
A.2.4	Adjustment of the MTF for auditory masking and threshold effects	48
A.3	Calculation of the modulation transfer ratio values	49
A.3.1	Direct method: Analysis of the STI test signal	49
A.3.2	Indirect method: Determination of the modulation transfer function (MTF)	50
A.4	Auditory effects on the STI	51
A.4.1	Overview	51
A.4.2	Level-dependent auditory masking	51
A.4.3	Absolute speech reception threshold	54
A.5	Generation of the STI test signal (direct method)	54
A.5.1	Pink noise source signal	54
A.5.2	Generating octave band carrier signals	54
A.5.3	Intensity modulation of the carrier signals	55
A.5.4	Applying the speech spectrum to the STI test signal	55
A.6	Spectrum of STI test signal	55
A.6.1	Standardized speech spectrum	55
A.6.2	Speech-shaped noise	55
Annex B (normative)	STIPA method	57

B.1	Overview.....	57
B.2	Test signal	57
Annex C	(normative) Verification of STI measuring devices	59
C.1	Specification of the measuring device	59
C.2	Signals for testing STI implementations	59
C.3	Testing the dynamic range in the modulation domain	59
C.3.1	General	59
C.3.2	Modulation depth testing for STIPA direct method	59
C.3.3	Modulation depth testing for STI indirect method	60
C.4	Testing of cross-talk between octave-band filters	61
C.4.1	Flank attenuation slopes	61
C.4.2	Octave band filter testing – STIPA direct method	61
C.4.3	Performance verification files.....	62
Annex D	(informative) Use of STI measuring devices.....	63
D.1	Overview.....	63
D.2	STIPA characterises only the speech transmission channel	63
D.3	Examples of test scenarios for STIPA tests.....	64
D.4	Equipment and resources needed for a STIPA test	67
D.4.1	Availability of the test signal	67
D.4.2	A source of the STIPA test signal	67
D.4.3	A STIPA analyser	67
D.5	Steps in the overall procedure	67
Annex E	(informative) Qualification of the STI and relationships with other speech intelligibility measures.....	68
E.1	Relationship between the STI and word/sentence scores	68
E.2	Relationship between STI and listening difficulty.....	68
Annex F	(informative) Nominal qualification bands for STI	70
Annex G	(informative) Examples of STI qualification bands and typical applications	71
Annex H	(informative) Non-native listeners	72
Annex I	(informative) Effect of age-related hearing loss and hearing impairment on speech intelligibility.....	73
Annex J	(normative) Setting and adjustment of STI test signal level.....	74
J.1	Overview.....	74
J.2	The concept of 'speech level' and the method of measurement	74
J.3	Real speech level	74
J.4	Corrected speech level derived from real speech level.....	75
J.5	Comparison of dynamic structures of speech and test signals.....	75
Annex K	(informative) Example test report sheet for STI measurements	77
Annex L	(normative) Prediction of the STI using statistical methods.....	79
Annex M	(informative) Adjustments to STI data to simulate alternative ambient noise spectra and different speech levels.....	81
Annex N	(informative) Other methods of determining speech intelligibility.....	91
N.1	Overview.....	91
N.2	Word tests	91
N.3	Modified rhyme tests.....	91
N.4	Speech intelligibility index (SII)	92
N.5	PESQ	92
Annex O	(informative) Alternative direct methods for measuring Full STI	93

Annex P (normative) Information to be provided by manufacturers.....	94
P.1 Purpose of this annex	94
P.2 Form in which the information is to be provided	94
P.3 Required information.....	94
P.4 Declaration	94
Annex Q (informative) Effect of uncertainties of selected parameters on STI uncertainty.....	95
Q.1 STI calculation framework.....	95
Q.1.1 Overview	95
Q.1.2 Statistical MTF.....	95
Q.1.3 Corrections.....	95
Q.1.4 Effective SNR	96
Q.1.5 Modulation transfer index (MTI)	96
Q.1.6 Speech transmission index (STI)	96
Q.2 The effect of RT uncertainty on STI uncertainty	97
Q.2.1 General	97
Q.2.2 Modulation transfer function.....	97
Q.2.3 Uncertainty in the STI	97
Q.2.4 Conclusions:.....	99
Q.3 The effect of S/N uncertainty on STI uncertainty	99
Q.3.1 General	99
Q.3.2 Ideal transfer function.....	99
Q.3.3 Reverberation.....	100
Q.3.4 Conclusions:.....	101
Q.4 The effect of signal level uncertainty on STI uncertainty.....	101
Q.4.1 Overview	101
Q.4.2 Auditory masking	101
Q.4.3 Conclusions.....	103
Bibliography.....	104
Figure 1 – Envelope function (panel A) of a 10 s speech signal for the 250 Hz octave band and corresponding envelope spectrum (panel B).....	20
Figure 2 – Modulation transfer function – Input/output comparison.....	21
Figure 3 – Effect of a single delayed arrival on the MTF (idealised conditions).....	33
Figure 4 – Idealised STI (Male speech Spectrum) versus delay and level of secondary arrival	34
Figure A.1 – Theoretical expression of the MTF	44
Figure A.2 – Measurement system and frequencies for the STI method	46
Figure A.3 – Auditory masking of octave band ($k-1$) on octave band (k).....	52
Figure A.4 – Relationship between STI and speech level for different reverberation times.....	53
Figure D.1 – Schematic representation of the definition of a speech transmission channel.....	64
Figure E.1 – Relationships between some speech intelligibility measures	68
Figure E.2 – Relationship between STI, speech intelligibility scores and listening difficulty ratings [43], [44].....	69
Figure F.1 – STI qualification bands.....	70

Figure Q.1 – Uncertainty in absolute value of STI vs reverberation time RT with various degrees of uncertainty in RT	99
Figure Q.2 – Uncertainty in absolute value of STI vs reverberation time RT with 1 dB uncertainty in SNR at various SNRs	101
Figure Q.3 – Uncertainty in absolute value of STI versus reverberation time RT with various degrees of masking.	103
Table 1 – How to use this document	10
Table 2 – Comparison of direct and indirect methods	22
Table 3 – Suitability of STI test methods for different types of distortion	24
Table 4 – Test-method suitability	24
Table 5 – Measurement applications	25
Table A.1 – MTI octave band weighting factors	48
Table A.2 – Auditory masking as a function of the octave band level.....	53
Table A.3 – Absolute speech reception threshold level in octave bands	54
Table A.4 – Octave band levels (dB) relative to the A-weighted speech level	55
Table A.5 – Filter parameters and s-plane polynomials that produce speech-shaped pink noise.	56
Table B.1 – Modulation frequencies for the STIPA method.....	57
Table C.1 – Specification of an STI measuring device.....	59
Table D.1 – Scenario 1, PA with "live" announcer	65
Table D.2 – Scenario 2, PA with pre-recorded announcements	65
Table D.3 – Scenario 3, "live" meetings and conversations	66
Table D.4 – Scenario 4, lecture.....	66
Table E.1 – Categories for listening difficulty	69
Table G.1 – Examples between STI qualification bands and typical applications	71
Table H.1 – Adjusted intelligibility qualification tables for non-native listeners.....	72
Table I.1 – Adjusted intelligibility qualification tables for normal listeners and people over 60 years old with hearing loss	73
Table J.1 – Typical speech and test signal dynamics	75
Table J.2 – Comparison of speech and the test signal	76
Table K.1 – Example test report sheet	77
Table K.2 – Measurement data record sheet.....	78
Table M.1 – Flow chart of post-processing adjustment steps.....	82
Table M.2 – Example calculation.....	87

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SOUND SYSTEM EQUIPMENT –

Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60268-16 has been prepared by IEC technical committee 100: Audio, video and multimedia equipment and systems.

This fifth edition cancels and replaces the fourth edition published in 2011. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) the spectrum of the male speech test signal has been changed, with significant reductions in the 125 Hz and 250 Hz bands being implemented;
- b) some corrections to formulae have been made;
- c) additional information has been included on prediction and measurement procedures;
- d) spectrum and weighting factors for female speech have been removed;
- e) verification information for STI measurement devices added;
- f) the relationships between STI and number of other speech intelligibility measures have been updated in Annex E;

- g) greater information is given in Annex M about adjustments to the measured STI results to simulate effects of alternative ambient noise and speech levels.

NOTE See Introduction for a historical summary listing the various changes from the first to the fifth edition (current edition).

The text of this International Standard is based on the following documents:

CDV	Report on voting
100/3202/CDV	100/3422/RVC

Full information on the voting for the approval of this International Standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This document has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all parts in the IEC 60268 series, published under the general title *Sound system equipment*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

Speech is considered to be the major method of communication between humans. In many situations, the speech signal is degraded by the signal path or the transmission channel between talker and listener, resulting in a reduction of the intelligibility of the speech at the listener's location.

To quantify the deterioration of the speech intelligibility induced by the transmission channel, a fast and objective measuring method was developed; the Speech Transmission Index (STI).

The STI method applies a specific test signal to the transmission channel and by analysing the received test signal; the speech transmission quality of the channel is derived and expressed in a value between 0 and 1, as the Speech Transmission Index (STI). Using the obtained STI-value, the potential speech intelligibility can be determined.

Although there are limitations to the STI method, the use of STI has proved useful in many situations and has gained international acceptance.

The STI method has been the subject of ongoing development and refinement since its introduction in the 1970s. Major improvements of the STI have been consolidated by incorporating them in successive revisions of IEC 60268-16.

To avoid misinterpretation of STI results, it is important that all users of the STI understand the basic principles behind the operation of the STI, the application domain and the limitations. This document provides substantial information to assist users.

Potential applications of the STI

The STI can be used to measure the potential intelligibility of a wide range of electronic systems and acoustic environments. Typical applications include:

- measurement of public address and sound reinforcement systems;
- measurement and certification of emergency sound and communication systems;
- measurement of communication channels and systems such as intercoms and wireless communication;
- measurement of potential speech intelligibility and communication in rooms and auditoria;
- evaluation of direct speech communication (situations without electronic amplification) in rooms or acoustic spaces, including vehicles;
- evaluation of the potential intelligibility of assistive hearing systems.

NOTE The STI method was not designed for the measurement and evaluation of speech privacy or speech masking systems and, therefore, has not been validated for these situations. It is not recommended to use the STI below 0,3, but if this is to be undertaken, specialist expertise and techniques beyond the scope of this standard are required.

Potential users of STI

The range of users of STI measurements is diverse. Among the users who might apply this method are:

- certifiers of voice alarm and other types of emergency systems;
- certifiers of sound reinforcement and audio systems;
- audio and telecommunication equipment manufacturers;
- audio and communication engineers;
- acoustic and electroacoustic consultants;
- sound system installers;
- researchers into STI methods and developers of instruments to measure the STI.

Table 1 summarises which sections of the document may apply to different users and applications.

Table 1 – How to use this document

Purpose	Topic	Clauses
All users	Introduction to the STI method	
Routine check of voice-alarm or sound system with STIPA	Direct method of measuring STI	4
In-depth check of or to certify sound system with STIPA and/or impulse response methods	Description of the STI method	5
	Direct method of measuring STI	4 and 5
	Indirect method of measuring STI using the impulse response	4 and 6
	Measurement procedures, and applications	8
	Post-processing of measured MTF data	8.8
	Limitations of the measurement methods	5.4, 6.3
	Optional: Theory and equations governing STI methods	Annex A and Annex B
	Optional: Relationship between subjective and objective measures of intelligibility	Annex F
	Optional: Measurement uncertainties	Annex Q
Measure telecommunication equipment	Direct method only	8.6.2
Manufacturer of STIPA device	Theory and equations governing STI methods	Annex A and Annex B
	Verification of STI measurement device performance	Annex C
	Information to be provided	Annex D
Manufacturer of acoustical analyser and simulation software	Theory and equations governing STI methods	Annex A
	Calibration of STI instruments	Annex C
	Information to be provided	Annex P
Research into intelligibility	Theory and equations governing STI methods	Annex A and Annex B
Using simulation software	Prediction methods	Annex M
Post processing of STI and STIPA measurement	Post processing measurement results	Annex M
	Optional – As per in-depth measurements of STI listed above	
	Optional -Worked calculation example	Annex M
Evaluation of the potential intelligibility of Assistive Listening Systems	As per in-depth measurements of STI listed above	
	Special process for Assistive Listening Systems	8.6.3

Revision history

The history of revisions is as follows:

- Revision 1: 1988. In the first version of the STI standard, a gender-independent test signal spectrum was used.
- Revision 2: 1998. Gender-specific test signals were introduced, for male and female talkers, each gender relating to a specific set of weighting factors. In addition, weightings were introduced for redundancy factors. The term STI_r was introduced to signify the use of these redundancy factors.

- Revision 3: 2003. Important differences between Revision 2 and Revision 3 are the introduction of:
 - level dependent masking functions;
 - the STI derivative STIPA;
 - STIPA was specially developed as a fast measurement method that could deal with electro-acoustic and acoustic effects while determining the speech transmission quality of PA systems.
- Revision 4: 2011.
 - The terms STI_r and Room Acoustic Speech Transmission Index (RASTI) were discontinued.
 - A new function for the prediction of auditory masking effects was introduced.
 - STI corrections for non-native language listeners and some forms of hearing loss were introduced.

SOUND SYSTEM EQUIPMENT –

Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index

1 Scope

This part of IEC 60268 defines the STI model, test signals, measurement and prediction methods.

The objective of this document is to provide a comprehensive manual for all types of users of the STI model in the fields of audio, communications and acoustics.

This document does not provide STI criteria for certification of transmission channels (e.g. criteria for a voice-alarm system), but some typical application values are provided in Annex G.

Every measurement method has limitations, and the reader is referred to clauses relating to limitations such as speech privacy, echo and systems using digital voice compression (vocoders).

This document does not cover the case of fluctuating noise on the STI, although some general comments on dealing with this complex issue are provided in 7.13 and 8.9.3.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 61260-1:2014, *Electroacoustics – Octave-band and fractional-octave-band filters – Part 1: Specifications*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	113
INTRODUCTION	115
1 Domaine d'application	118
2 Références normatives	118
3 Termes et définitions	118
4 Description du modèle STI.....	124
4.1 Vue d'ensemble	124
4.2 Applicabilité du modèle STI.....	125
4.3 Détails théoriques	125
4.3.1 Fonction enveloppe et spectre de l'enveloppe	125
4.3.2 Réduction de modulation	126
4.3.3 Rôle des porteuses de bruit de bande d'une octave	127
4.3.4 Vue d'ensemble de la théorie.....	127
4.4 Mesure du STI	129
4.4.1 Méthode directe et méthode indirecte	129
4.4.2 Full STI.....	129
4.4.3 STIPA.....	130
4.4.4 Choix de la méthode	130
5 Méthode directe de mesurage du STI – Recommandations à l'intention de l'utilisateur	132
5.1 Vue d'ensemble	132
5.2 STIPA	133
5.3 Application	133
5.4 Limitations	133
6 Méthode indirecte de mesurage du STI (réponse impulsionnelle) – Recommandations à l'intention de l'utilisateur.....	134
6.1 Vue d'ensemble	134
6.2 Application	135
6.3 Limitations (distorsion non linéaire).....	135
7 Limitations du modèle STI	136
7.1 Généralités	136
7.2 Glissements de fréquence.....	137
7.3 Mise à zéro des petites valeurs ("centre clipping")	137
7.4 Pertes de niveau ("dropouts")	137
7.5 Gigue.....	138
7.6 Systèmes de compression vocale numérique	138
7.7 Surestimation de l'indice STI dans des conditions de faible bruit de fond	138
7.8 Réponse en fréquence	138
7.9 Échos	139
7.10 Compression et expansion rapides de l'amplitude	141
7.11 Distorsion non linéaire	142
7.12 Auditeurs malentendants	142
7.13 Bruit impulsif et fluctuant.....	142
7.14 Conclusion.....	143
8 Modes opératoires de mesure, post-traitement des données et applications	143
8.1 Généralités	143

8.2	Entrée acoustique	143
8.3	Sortie acoustique	145
8.4	Entrée électrique	145
8.5	Sortie électrique.....	145
8.6	Exemples de combinaisons entrée/sortie	145
8.6.1	Entrée acoustique – Sortie acoustique.....	145
8.6.2	Entrée électrique – Sortie électrique (par exemple, évaluation de systèmes de communication filaire et sans fil)	146
8.6.3	Entrée acoustique – Sortie électrique (par exemple, évaluation des microphones).....	146
8.6.4	Entrée électrique – Sortie acoustique (par exemple, évaluation des systèmes PA)	146
8.7	Moyennage spatial des mesures du STI.....	147
8.8	Post-traitement des données de MTF mesurées.....	147
8.9	Questions concernant le bruit	148
8.9.1	Généralités	148
8.9.2	Mesure du bruit de fond.....	148
8.9.3	Bruit fluctuant	149
8.10	Analyse et interprétation des résultats	149
8.11	Mesures de STI binaural	150
9	Utilisation du STI comme moyen de prédiction en conception de systèmes acoustiques	150
9.1	Vue d'ensemble	150
9.2	Prédictions statistiques	150
9.3	Prédiction à partir d'une réponse impulsionnelle simulée	151
Annexe A (informative)	Fondements du concept STI.....	152
A.1	Introduction à la présente annexe	152
A.1.1	Objet	152
A.1.2	Fonction de transfert de modulation (MTF)	152
A.1.3	Modèle STI	153
A.1.4	Fréquences de modulation STI	154
A.2	Calcul du STI	154
A.2.1	Equation générale pour le STI	154
A.2.2	Facteurs de pondération et facteurs de redondance de bandes d'une octave spécifiques au genre	155
A.2.3	Ajustement de la MTF pour le bruit ambiant.....	156
A.2.4	Ajustement de la MTF pour les effets de masquage auditif et de seuil	156
A.3	Calcul des valeurs du rapport de transfert de modulation	157
A.3.1	Méthode directe: Analyse du signal d'essai STI	157
A.3.2	Méthode indirecte: Détermination de la fonction de transfert de modulation (MTF)	158
A.4	Effets auditifs sur le STI.....	159
A.4.1	Vue d'ensemble	159
A.4.2	Masquage auditif dépendant du niveau.....	159
A.4.3	Seuil absolu de réception de la parole	162
A.5	Génération du signal d'essai STI (méthode directe)	163
A.5.1	Signal source de bruit rose	163
A.5.2	Génération des porteuses des bandes d'une octave	163
A.5.3	Modulation d'intensité des porteuses	163
A.5.4	Application du spectre de la parole au signal d'essai STI.....	163

A.6	Spectre du signal d'essai STI.....	164
A.6.1	Spectre de la parole normalisé	164
A.6.2	Bruit de type vocal.....	164
Annexe B (normative)	Méthode STIPA.....	166
B.1	Vue d'ensemble	166
B.2	Signal d'essai	166
Annexe C (normative)	Vérification des dispositifs de mesure du STI.....	168
C.1	Spécification du dispositif de mesure	168
C.2	Signaux pour essais d'implémentations du STI	168
C.3	Essais de la plage dynamique dans le domaine de la modulation.....	168
C.3.1	Généralités.....	168
C.3.2	Essais de profondeur de modulation pour la méthode directe STIPA	169
C.3.3	Essais de profondeur de modulation pour la méthode indirecte STI	169
C.4	Essais de diaphonie entre les filtres de bande d'octave	170
C.4.1	Pentes d'atténuation	170
C.4.2	Essais des filtres de bande d'octave – méthode directe STIPA	170
C.4.3	Fichiers de vérification des performances.....	171
Annexe D (informative)	Utilisation des dispositifs de mesure du STI.....	172
D.1	Vue d'ensemble	172
D.2	Méthode STIPA caractérisant uniquement le canal de transmission de la parole	172
D.3	Exemples de scénarios d'essai pour les essais STIPA.....	173
D.4	Équipements et ressources nécessaires pour un essai STIPA	176
D.4.1	Disponibilité du signal d'essai.....	176
D.4.2	Source du signal d'essai STIPA	176
D.4.3	Analyseur STIPA	176
D.5	Étapes de la procédure globale.....	176
Annexe E (informative)	Qualification du STI et relations avec d'autres mesures de l'intelligibilité de la parole.....	177
E.1	Relation entre STI et "note d'intelligibilité" de mots ou de phrases	177
E.2	Relation entre STI et "difficulté d'écoute"	177
Annexe F (informative)	Bandes nominales pour qualifier un indice STI	179
Annexe G (informative)	Exemples d'intervalles ou "bandes" pour qualifier un indice STI et applications types.....	180
Annexe H (informative)	Auditeurs de langue étrangère	181
Annexe I (informative)	Effet sur l'intelligibilité de la parole de la perte d'audition et de troubles de l'audition liés à l'âge	182
Annexe J (normative)	Réglage et ajustement du niveau du signal d'essai STI.....	183
J.1	Vue d'ensemble	183
J.2	Concept de "niveau de la parole" et méthode de mesure.....	183
J.3	Niveau réel de la parole	184
J.4	Niveau de parole corrigé dérivé du niveau réel de la parole	184
J.5	Comparaison des structures dynamiques de la parole et des signaux d'essai	184
Annexe K (informative)	Exemple de fiche de rapport d'essai pour les mesures de STI	186
Annexe L (normative)	Prédiction du STI à l'aide de méthodes statistiques	188
Annexe M (informative)	Ajustements des données STI pour simuler d'autres spectres de bruit ambiant et des niveaux de la parole différents.....	191
Annexe N (informative)	Autres méthodes de détermination de l'intelligibilité de la parole	201

N.1	Vue d'ensemble	201
N.2	Essais avec des mots	201
N.3	Essais de rimes modifiées	201
N.4	Indice d'intelligibilité de la parole (SII).....	202
N.5	PESQ	202
Annexe O (informative) Autres méthodes directes pour la mesure Full STI		203
Annexe P (normative) Informations à fournir par les fabricants		204
P.1	Objet de la présente annexe	204
P.2	Forme sous laquelle les informations doivent être fournies	204
P.3	Informations exigées.....	204
P.4	Déclaration	205
Annexe Q (informative) Effet des incertitudes de certains paramètres choisis sur l'incertitude du STI.....		206
Q.1	Cadre de calcul du STI	206
Q.1.1	Vue d'ensemble.....	206
Q.1.2	MTF statistique.....	206
Q.1.3	Corrections.....	206
Q.1.4	SNR réel.....	207
Q.1.5	Indice de transfert de modulation (MTI)	207
Q.1.6	Indice de transmission de la parole (STI).....	207
Q.2	Effet de l'incertitude du RT sur l'incertitude du STI.....	208
Q.2.1	Généralités.....	208
Q.2.2	Fonction de transfert de modulation.....	208
Q.2.3	Incertaince du STI	208
Q.2.4	Conclusions.....	210
Q.3	Effet de l'incertitude du rapport signal sur bruit sur l'incertitude du STI	210
Q.3.1	Généralités.....	210
Q.3.2	Fonction de transfert idéale	211
Q.3.3	Réverbération.....	211
Q.3.4	Conclusions.....	212
Q.4	Effet de l'incertitude du niveau de signal sur l'incertitude du STI	213
Q.4.1	Vue d'ensemble.....	213
Q.4.2	Masquage auditif.....	213
Q.4.3	Conclusions.....	214
Bibliographie.....		216
Figure 1 – Fonction enveloppe (schéma A) d'un signal vocal de 10 s pour une bande d'une octave centrée sur 250 Hz et spectre de l'enveloppe correspondant (schéma B)		126
Figure 2 – Fonction de transfert de modulation – comparaison entrée/sortie		128
Figure 3 – Effet d'une seule arrivée retardée sur la MTF (conditions idéalisées)		140
Figure 4 – STI idéalisé (spectre de parole masculine) en fonction du retard et du niveau d'arrivée secondaire		141
Figure A.1 – Expressions théoriques de la MTF		152
Figure A.2 – Système de mesure et fréquences pour la méthode STI.....		154
Figure A.3 – Masquage auditif de la bande d'une octave ($k - 1$) sur la bande d'une octave (k).....		160
Figure A.4 – Relation entre le STI et le niveau de parole pour différents temps de réverbération		162

Figure D.1 – Représentation schématique de la définition d'un canal de transmission de la parole	173
Figure E.1 – Relations entre quelques mesures de l'intelligibilité de la parole.....	177
Figure E.2 – Relation entre STI, notes (scores) d'intelligibilité de la parole et évaluations de la difficulté d'écoute [43], [44]	178
Figure F.1 – "Bandes" ou intervalles servant à qualifier un STI	179
Figure Q.1 – Incertitude sur la valeur absolue du STI en fonction du temps de réverbération RT avec différents degrés d'incertitude du RT	210
Figure Q.2 – Incertitude sur la valeur absolue du STI en fonction du temps de réverbération RT avec une incertitude du SNR de 1 dB pour différents SNR	212
Figure Q.3 – Incertitude sur la valeur absolue du STI en fonction du temps de réverbération RT avec différents degrés de masquage.....	214
Tableau 1 – Description de l'utilisation du présent document	116
Tableau 2 – Comparaison des méthodes directes et indirectes	129
Tableau 3 – Applicabilité des méthodes d'essai STI pour différents types de distorsions	131
Tableau 4 – Applicabilité des méthodes d'essai	131
Tableau 5 – Applications de mesure.....	132
Tableau A.1 – Facteurs de pondération de bandes d'une octave STI.....	156
Tableau A.2 – Masquage auditif en fonction du niveau de pression sonore de la bande d'une octave	161
Tableau A.3 – Niveau de seuil absolu de réception de la parole dans les bandes d'une octave	162
Tableau A.4 – Niveaux de bande d'une octave (dB) par rapport au niveau de parole pondéré A.....	164
Tableau A.5 – Paramètres du filtre et polynômes S produisant un bruit rose de type vocal	165
Tableau B.1 – Fréquences de modulation pour la méthode STIPA	166
Tableau C.1 – Spécification d'un dispositif de mesure du STI.....	168
Tableau D.1 – Scénario 1, PA avec annonceur "en direct"	174
Tableau D.2 – Scénario 2, PA avec annonces préenregistrées.....	174
Tableau D.3 – Scénario 3, Réunions et conversations "en direct".....	175
Tableau D.4 – Scénario 4, Conférence	175
Tableau E.1 – Catégories pour apprécier la difficulté d'écoute	178
Tableau G.1 – Exemples de correspondances entre les "bandes" qualifiant un indice STI et des applications types	180
Tableau H.1 – Indice d'intelligibilité ajusté pour des auditeurs de langue maternelle étrangère selon leurs compétences linguistiques	181
Tableau I.1 – Tableaux de qualification de l'intelligibilité ajustée pour les auditeurs normaux et âgés de plus de 60 ans présentant une perte d'audition.....	182
Tableau J.1 – Caractéristiques dynamiques types de la parole et du signal d'essai	184
Tableau J.2 – Comparaison de la parole et du signal d'essai	185
Tableau K.1 – Exemple de fiche de rapport d'essai.....	186
Tableau K.2 – Fiche d'enregistrement des données de mesure	187
Tableau M.1 – Organigramme des étapes d'ajustement pour post-traitement	191
Tableau M.2 – Exemple de calcul.....	197

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ÉQUIPEMENTS POUR SYSTÈMES ÉLECTROACOUSTIQUES –

Partie 16: Evaluation objective de l'intelligibilité de la parole au moyen de l'indice de transmission de la parole

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 60268-16 a été établie par le comité d'études 100 de l'IEC: Systèmes et équipements audio, vidéo et services de données.

Cette cinquième édition annule et remplace la quatrième édition parue en 2011. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) le spectre du signal d'essai de la parole masculine a été modifié pour appliquer des réductions significatives au niveau des bandes de 125 Hz et 250 Hz;
- b) certaines formules ont été corrigées;

- c) des informations supplémentaires relatives aux modes opératoires de prédiction et de mesure ont été incluses;
- d) le spectre et les facteurs de pondération pour la parole féminine ont été supprimés;
- e) des informations de vérification pour les dispositifs de mesure STI ont été ajoutées;
- f) les relations entre le STI et plusieurs autres mesures de l'intelligibilité de la parole ont été mises à jour en Annexe E;
- g) des informations supplémentaires sont données en Annexe M concernant les ajustements des résultats STI mesurés afin de simuler les effets d'autres niveaux de bruit ambiant et de parole.

NOTE Voir l'Introduction qui donne un résumé de l'historique des différentes modifications effectuées de la première à la cinquième édition (la présente édition).

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
100/3202/CDV	100/3422/RVC

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette Norme internationale.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60268, publiées sous le titre général *Equipements pour systèmes électroacoustiques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

La parole est considérée comme la méthode principale de communication entre les êtres humains. Dans un grand nombre de situations, le signal vocal est dégradé par le trajet du signal ou par le canal de transmission entre locuteur et auditeur, ce qui réduit l'intelligibilité de la parole à l'emplacement où se trouve l'auditeur.

Pour quantifier la détérioration de l'intelligibilité de la parole apportée par le canal de transmission, une méthode de mesure rapide et objective a été développée: l'indice de transmission de la parole (STI - Speech Transmission Index).

La méthode STI applique un signal d'essai spécifique au canal de transmission et analyse le signal d'essai reçu; la qualité de transmission de la parole par le canal s'en déduit et est exprimée par une valeur comprise entre 0 et 1, appelée indice de transmission de la parole (STI). Avec la valeur STI ainsi obtenue, l'intelligibilité potentielle de la parole peut être déterminée.

Bien que la méthode STI ait ses limites, elle s'est avérée utile dans un grand nombre de situations et est devenue une technique internationalement reconnue et pratiquée.

La méthode STI a fait l'objet de développements et de perfectionnements constants depuis son introduction dans les années 1970. Les améliorations majeures de l'indice STI ont été consolidées en les incorporant dans les révisions successives de l'IEC 60268-16.

Afin d'éviter toute erreur d'interprétation des résultats de la méthode STI, il est important que tous les utilisateurs de cette méthode en comprennent les principes de fonctionnement essentiels, le domaine d'application et les limitations. Le présent document fournit des informations importantes qui visent à aider les utilisateurs.

Applications potentielles du STI

L'indice STI peut être utilisé pour mesurer l'intelligibilité potentielle d'une vaste gamme de systèmes électroniques et d'environnements acoustiques. Des applications types sont notamment:

- mesure des systèmes de sonorisation et de renforcement du son;
- mesure et certification des systèmes électroacoustiques d'urgence et de communication;
- mesure des canaux et systèmes de communication, tels que des interphones ou une communication sans fil;
- mesure de l'intelligibilité potentielle de la parole et de la communication dans des salles et des auditoriums;
- évaluation de la communication parlée directe (situations sans amplification électronique) dans des salles ou espaces acoustiques, dont les véhicules;
- évaluation de l'intelligibilité potentielle de systèmes d'aide à l'audition.

NOTE La méthode STI n'a pas été conçue pour la mesure et l'évaluation de la confidentialité des conversations ou des systèmes de masquage de la parole et, par conséquent, n'a pas été validée pour ces situations. Il n'est pas recommandé d'utiliser la méthode STI en dessous de 0,3, mais si cela doit être le cas, une telle pratique exige une expertise et des techniques spécialisées qui dépassent le domaine d'application de la présente norme.

Utilisateurs potentiels du STI

L'étendue des utilisateurs de mesures STI est diverse. Les utilisateurs qui peuvent appliquer cette méthode sont, entre autres:

- certificateurs des systèmes d'alarme vocale et autres types de systèmes d'urgence;
- certificateurs de systèmes de renforcement du son et de systèmes audio;

- fabricants de matériel audio et de télécommunication;
- techniciens de l'audio et de la communication;
- consultants en acoustique et électroacoustique;
- installateurs de systèmes électroacoustiques;
- chercheurs en matière de méthodes STI et développeurs d'instruments pour mesurer le STI.

Le Tableau 1 répertorie les sections du document qui peuvent s'appliquer aux différents utilisateurs et aux différentes applications.

Tableau 1 – Description de l'utilisation du présent document

Objet	Sujet	Articles
Tous les utilisateurs	Introduction à la méthode STI	
Vérification de routine de l'alarme vocale ou du système électroacoustique avec la méthode STIPA	Méthode directe de mesure du STI	4
Contrôle approfondi ou certification d'un système électroacoustique avec les méthodes STIPA et/ou à réponse impulsionnelle	Description de la méthode STI	5
	Méthode directe de mesure du STI	4 et 5
	Méthode indirecte de mesure du STI utilisant la réponse impulsionnelle	4 et 6
	Procédures de mesurage et applications	8
	Post-traitement des données de MTF mesurées	8.8
	Limites des méthodes de mesure	5.4, 6.3
	Facultatif: Théorie et équations régissant les méthodes STI	Annexe A et Annexe B
	Facultatif: Relation entre les mesures subjectives et objectives de l'intelligibilité	Annexe F
	Facultatif: Incertitudes de mesure	Annexe Q
Mesure des équipements de télécommunication	Méthode directe uniquement	8.6.2
Fabricant d'appareil STIPA	Théorie et équations régissant les méthodes STI	Annexe A et Annexe B
	Vérification des performances d'un dispositif de mesure STI	Annexe C
	Informations à fournir	Annexe D
Fabricant d'analyseurs acoustiques et de logiciels de simulation	Théorie et équations régissant les méthodes STI	Annexe A
	Etalonnage des instruments STI	Annexe C
	Informations à fournir	Annexe P
Recherches sur l'intelligibilité	Théorie et équations régissant les méthodes STI	Annexe A et Annexe B
Utilisation de logiciels de simulation	Méthodes de prédiction	Annexe M
Post-traitement des mesures STI et STIPA	Post-traitement des résultats de mesure	Annexe M
	Facultatif - suivant les mesures approfondies du STI indiquées ci-dessus	
	Facultatif - exemple de calcul pratique	Annexe M
Evaluation de l'intelligibilité potentielle de systèmes d'aide à l'audition	Suivant les mesures approfondies du STI indiquées ci-dessus	
	Processus spécial pour les systèmes d'aide à l'audition	8.6.3

Historique des révisions

L'historique des révisions est le suivant:

- Révision 1:1988. Dans la première version de la norme STI, il avait été utilisé un spectre de signal d'essai indépendant du sexe du locuteur.
- Révision 2:1998. Des signaux d'essai spécifiques au sexe ont été introduits, pour les locuteurs masculins et féminins, chaque genre se rapportant à un jeu spécifique de facteurs de pondération. En outre, des pondérations ont été introduites pour les facteurs de redondance. Le terme STI_r a été introduit pour signifier l'utilisation de ces facteurs de redondance.
- Révision 3:2003. Des différences importantes entre la Révision 2 et la Révision 3 consistent en l'introduction de:
 - fonctions de masquage dépendant du niveau;
 - la méthode STIPA dérivée de la méthode STI.
 - La méthode STIPA avait été spécialement développée comme une méthode de mesure rapide qui pouvait traiter des effets électroacoustiques et acoustiques lors de la détermination de la qualité de transmission de la parole des systèmes de sonorisation PA.
- Révision 4:2011.
 - Fin de l'utilisation des termes STI_r et de l'indice de transmission de la parole relatif à l'acoustique d'une salle (RASTI - Room Acoustic Speech Transmission Index).
 - Introduction d'une nouvelle fonction pour la prédiction des effets du masquage auditif.
 - Introduction de corrections STI pour les auditeurs de langue maternelle étrangère et certaines formes de perte de l'audition.

ÉQUIPEMENTS POUR SYSTÈMES ÉLECTROACOUSTIQUES –

Partie 16: Evaluation objective de l'intelligibilité de la parole au moyen de l'indice de transmission de la parole

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60268 définit le modèle, les signaux d'essai, la mesure et les méthodes de prévision STI.

L'objectif du présent document est de mettre un manuel complet à la disposition de tous les types d'utilisateurs du modèle STI dans les domaines de l'audio, des communications et de l'acoustique.

Le présent document ne donne pas de critères STI destinés à la certification des canaux de transmission (par exemple, critères pour un système d'alarme vocale), mais certaines valeurs d'application courante sont fournies dans l'Annexe G.

Chaque méthode de mesure présente ses limites, et le lecteur est prié de se référer aux articles correspondants, par exemple concernant la confidentialité des conversations, l'écho et les systèmes qui utilisent la compression vocale numérique (vocodeurs).

Le présent document ne couvre pas les cas du bruit fluctuant sur le STI, bien que certains commentaires généraux qui traitent de cette question complexe soient fournis en 7.13 et 8.9.3.

2 Références normatives

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

IEC 61260-1:2014, *Electroacoustique – Filtres de bande d'octave et de bande d'une fraction d'octave – Partie 1: Spécifications*