

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC STANDARD

Publication 551

Première édition — First edition

1976

Mesure des niveaux de bruit des transformateurs et des bobines d'inductance

Measurement of transformer and reactor sound levels



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

Révision de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la Commission afin d'assurer qu'il reflète bien l'état actuel de la technique.

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous :

- **Bulletin de la CEI**
- **Rapport d'activité de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie utilisée dans la présente publication

Seuls sont définis ici les termes spéciaux se rapportant à la présente publication.

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le V.E.I. peuvent être obtenus sur demande.

Symboles graphiques et littéraux

Seuls les symboles graphiques et littéraux spéciaux sont inclus dans la présente publication.

Le recueil complet des symboles graphiques approuvés par la CEI fait l'objet de la Publication 117 de la CEI.

Les symboles littéraux et autres signes approuvés par la CEI font l'objet de la Publication 27 de la CEI.

Autres publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur la page 3 de la couverture, qui énumère les autres publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

Revision of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information on the work of revision, the issue of revised editions and amendment sheets may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **Report on IEC Activities**
Published yearly
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology used in this publication

Only special terms required for the purpose of this publication are defined herein.

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the I.E.V. will be supplied on request.

Graphical and letter symbols

Only special graphical and letter symbols are included in this publication.

The complete series of graphical symbols approved by the IEC is given in IEC Publication 117.

Letter symbols and other signs approved by the IEC are contained in IEC Publication 27.

Other IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the inside of the back cover, which lists other IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC STANDARD

Publication 551

Première édition — First edition

1976

Mesure des niveaux de bruit des transformateurs et des bobines d'inductance

Measurement of transformer and reactor sound levels



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Appareils de mesure	6
3. Définitions	6
4. Conditions de mesure	8
4.1 Critères de qualité pour la zone d'essai	8
4.2 Conditions de fonctionnement de l'appareil pendant la mesure	8
4.3 Grandeurs à mesurer	10
5. Méthodes de mesure	10
5.1 Mesure du bruit de fond	10
5.2 Mesure du bruit de l'appareil	12
6. Calculs et interprétation des résultats	14
6.1 Calcul du niveau de pression acoustique moyen corrigé	14
6.2 Calcul de l'aire de la surface équivalente	16
6.3 Calcul du niveau de puissance acoustique pondéré A	16
6.4 Calcul du niveau de pression acoustique créé par l'appareil à une distance donnée	16
6.5 Application du calcul du niveau de pression acoustique à une distance donnée, à des cas particuliers	18
7. Présentation des résultats	18
FIGURES	24
ANNEXE A — Procédure de qualification de la zone d'essai	28
FIGURE	32
ANNEXE B — Calcul d'une moyenne quadratique	34
FIGURE	34

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	7
2. Instruments	7
3. Definitions	7
4. Conditions for measurement	9
4.1 Criteria for adequacy of the test environment	9
4.2 Operating conditions of equipment during measurement	9
4.3 Quantities to be measured	11
5. Measurement methods	11
5.1 Background noise measurement	11
5.2 Equipment sound level measurement	13
6. Calculations and interpretation of results	15
6.1 Calculation of corrected mean sound level	15
6.2 Calculation of the area of the effective surface	17
6.3 Calculation of A-weighted sound power level	17
6.4 Calculation of sound level at a distance from the equipment	17
6.5 Application of the calculation of sound level at a distance to specific arrangements	19
7. Presentation of results	19
FIGURES	24
APPENDIX A — Test environment qualification procedure	29
FIGURE	33
APPENDIX B — Calculation of quadratic mean	35
FIGURE	35

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MESURE DES NIVEAUX DE BRUIT DES TRANSFORMATEURS ET DES BOBINES D'INDUCTANCE

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Comité d'Etudes N° 14 de la CEI: Transformateurs de puissance. Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Bruxelles en 1971. A la suite de cette réunion, un projet, document 14(Bureau Central)23, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en novembre 1972.

Des modifications, document 14(Bureau Central)31, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en août 1974.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication :

Afrique du Sud (République d')	Italie
Allemagne	Japon
Argentine	Norvège
Australie	Pays-Bas
Autriche	Pologne
Belgique	Portugal
Canada	Roumanie
Danemark	Royaume-Uni
Espagne	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
Finlande	Tchécoslovaquie
France	Turquie
Hongrie	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Israël	Yougoslavie

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme :

Publications n°s 76: Transformateurs de puissance.
179: Sonomètres de précision.
289: Bobines d'inductance.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

MEASUREMENT OF TRANSFORMER AND REACTOR SOUND LEVELS

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 14, Power Transformers.

A first draft was discussed at the meeting held in Brussels in 1971. As a result of this meeting, a draft, Document 14(Central Office)23, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in November 1972.

Amendments, Document 14(Central Office)31, were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in August 1974.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Argentina
Australia
Austria
Belgium
Canada
Czechoslovakia
Denmark
Finland
France
Germany
Hungary
Israel
Italy
Japan
Netherlands

Norway
Poland
Portugal
Romania
South Africa
(Republic of)
Spain
Sweden
Switzerland
Turkey
Union of Soviet
Socialist Republics
United Kingdom
United States of America
Yugoslavia

Other IEC publications quoted in this standard:

Publications Nos. 76: Power Transformers.
179: Precision Sound Level Meters.
289: Reactors.

MESURE DES NIVEAUX DE BRUIT DES TRANSFORMATEURS ET DES BOBINES D'INDUCTANCE

1. Domaine d'application

La présente norme définit les méthodes par lesquelles les niveaux de bruit des transformateurs, des bobines d'inductance et de leurs dispositifs de refroidissement associés doivent être mesurés dans les ateliers du constructeur, de telle sorte que l'on puisse contrôler la conformité à des exigences spécifiées et déterminer les caractéristiques du bruit émis en service.

Cette norme s'applique aux mesures effectuées dans les ateliers du constructeur, car, lorsque les mesures sont faites sur place, les conditions peuvent être très différentes en raison de la proximité d'objets étrangers, de bruits extérieurs, etc. Néanmoins, les mêmes règles générales que celles figurant dans la présente norme peuvent être suivies en cas de mesures effectuées sur place.

Dans les cas où l'on dispose, à l'usine, d'une puissance suffisante pour permettre la pleine excitation des bobines d'inductance, les méthodes à suivre sont les mêmes que pour les transformateurs. De telles mesures nécessitent un accord entre le constructeur et l'acheteur. Dans les autres cas, les mesures peuvent être effectuées sur place au lieu où les conditions sont appropriées.

Les méthodes définies sont applicables aux transformateurs et aux bobines d'inductance de tous les types concernés par les Publications 76* et 289** de la CEI respectivement, sans autres limites de puissance ou de tension lorsqu'ils sont munis de leurs auxiliaires normaux, pour autant que ceux-ci influent sur le résultat de la mesure.

Bien que le texte suivant ne se réfère qu'aux transformateurs, il s'applique également aux bobines d'inductance pourvu qu'il soit reconnu que le courant absorbé par une bobine d'inductance dépend de la tension appliquée et que, par conséquent, une bobine d'inductance ne peut pas être essayée à vide.

Cette norme indique une base de calcul du niveau de puissance acoustique qui permet la comparaison de transformateurs de types différents et, moyennant certaines hypothèses, l'évaluation du niveau de bruit probable à une distance donnée.

Les méthodes de mesure ainsi que la procédure de qualification de la zone d'essai qui figurent à l'annexe A sont conformes à la Norme ISO «Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit — Méthode de contrôle», qui est en cours de préparation.

Note. — Pour se renseigner sur l'imprécision des mesures, on peut se reporter à la Norme ISO citée ci-dessus.

2. Appareils de mesure

Les mesures doivent être faites en utilisant un sonomètre conforme à la Publication 179*** de la CEI. Le mode d'emploi indiqué par le constructeur du sonomètre doit toujours être suivi, afin d'obtenir le plus grand degré de précision. En particulier, il convient de respecter les instructions sur la distance minimale à maintenir entre l'observateur et le microphone pour éviter les erreurs dues aux réflexions.

Un contrôle acoustique de l'équipement de mesure doit être effectué avec une source sonore étalon immédiatement avant et après la série des mesures.

3. Définitions

Les définitions suivantes s'appliquent dans le cadre de cette norme.

* Transformateurs de puissance.

** Bobines d'inductance.

*** Sonomètres de précision.

MEASUREMENT OF TRANSFORMER AND REACTOR SOUND LEVELS

1. Scope

This standard defines the methods by which the sound levels of transformers, reactors and their associated cooling plant shall be measured in the manufacturer's works so that compliance with any specification requirements may be confirmed and the characteristics of the noise emitted in service determined.

This standard is intended to apply to measurements made in the manufacturer's works as, when measurements are made on site, conditions may be very different due to proximity of other objects, extraneous noises, etc. Nevertheless, the same general rules as given herein may be followed when site measurements are made.

In those cases where sufficient power is available in the factory to permit full energization of reactors, the methods to be followed are the same as for transformers. Such measurements shall be by agreement between the manufacturer and the purchaser. Alternatively, measurements may be made on site where conditions are suitable.

The methods defined are applicable to transformers and reactors of all types covered by IEC Publications 76* and 289** respectively, without further limitation as regards size or voltage and when fitted with their normal auxiliary equipment, inasmuch as it may influence the measurement result.

Although the following text refers only to transformers, it is equally applicable to reactors provided that it is recognized that current taken by a reactor is dependent on the voltage applied and, consequently, that a reactor cannot be tested at no-load.

This standard gives a basis of calculation of sound power level which permits comparison of transformers of different types and, with certain hypothetical assumptions, the evaluation of the probable sound level at a distance.

The methods of measurement, and the environmental qualification procedure given in Appendix A, are in accordance with an ISO Standard "Determination of Sound Power Levels of Noise Sources—Survey Method", which is in course of preparation.

Note. — Reference may be made to the ISO Standard referred to above for information on measurement uncertainty.

2. Instruments

Measurements shall be made using a sound level meter complying with IEC Publication 179***. The operating instructions given by the manufacturer of the sound level equipment should always be followed in order that the greatest degree of precision is achieved. In particular, instructions concerning the minimum proximity of the observer to the microphone, necessary to avoid errors arising from reflections, shall be met.

An acoustic check of the measuring equipment using a calibrated noise source is to be made immediately before and after the measurement sequence.

3. Definitions

For the purpose of this standard, the following definitions apply.

* Power Transformers.

** Reactors.

*** Precision Sound Level Meters.

3.1 Niveau de pression acoustique

Lecture donnée par un sonomètre conforme à la Publication 179 de la CEI.

3.2 Niveau de puissance acoustique

Le niveau de puissance acoustique est égal à $10 \log_{10} \frac{P}{P_0}$ dB où P est la puissance acoustique, en watts, et P_0 est le niveau de puissance de référence, soit 10^{-12} W.

3.3 Surface principale de rayonnement

Surface imaginaire entourant les transformateurs ou le dispositif de refroidissement, à partir de laquelle on suppose que le bruit est rayonné. (La méthode de détermination de la surface principale de rayonnement d'un appareil particulier est indiquée au paragraphe 5.2.)

3.4 Contour prescrit

Ligne horizontale, éloignée d'une distance spécifiée de la surface principale de rayonnement, le long de laquelle sont répartis les points de mesure. (La méthode de détermination du contour prescrit d'un appareil particulier est indiquée au paragraphe 5.2.)

3.5 Surface équivalente

Surface imaginaire sur laquelle on suppose que les mesures ont été effectuées et qui est utilisée pour calculer la puissance acoustique rayonnée par le matériel.

3.6 Bruit de fond

Bruit relevé aux points de mesure, à l'exclusion de celui que produit l'appareil en essai lui-même et dont le niveau est mesuré. Il inclut le bruit provenant de tout autre appareillage nécessaire à l'exécution de la mesure.

4. Conditions de mesure

4.1 Critères de qualité pour la zone d'essai

La zone d'essai idéale ne devrait comprendre aucun autre objet réfléchissant qu'un sol réfléchissant, de telle sorte que l'appareil en essai rayonne dans un champ libre au-dessus d'un plan réfléchissant.

Les zones d'essai qui conviennent aux mesures selon cette norme sont celles qui satisfont aux procédures de qualification de l'annexe A.

4.2 Conditions de fonctionnement de l'appareil pendant la mesure

Pour les mesures effectuées sur le transformateur avec ou sans ses organes de refroidissement, le transformateur doit être excité à vide à la tension nominale et à la fréquence nominale en utilisant une source de tension sinusoïdale ou pratiquement sinusoïdale, le changeur de prises (s'il y a lieu) étant sur la prise principale. La tension doit être mesurée conformément à la Publication 76-1 de la CEI, paragraphe 8.5.

Si le transformateur est muni d'un changeur de prises en charge à bobine d'inductance de passage dont la bobine d'inductance peut, pour certaines positions de réglage, être excitée en permanence, les mesures doivent être faites en utilisant une prise qui implique cette condition et qui soit le plus près possible de la prise principale. La tension d'excitation doit être appropriée à la prise utilisée.

Note. — Lorsqu'il est question, dans ce paragraphe, de changement de prise, on suppose que le mode de réglage est tel que le flux soit maintenu constant dans le circuit magnétique. Pour les autres modes de réglage, la prise choisie et la tension d'excitation doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

3.1 *Sound level*

The reading given by a sound level meter complying with IEC Publication 179.

3.2 *Sound power level*

The sound power level is equal to $10 \log_{10} \frac{P}{P_0}$ dB where P is the sound power, in watts, and P_0 is the reference sound power of 10^{-12} W.

3.3 *Principal radiating surface*

A hypothetical surface surrounding the transformer or cooling equipment which is assumed to be the surface from which sound is radiated. (The method for determining the principal radiating surface for particular equipment is given in Sub-clause 5.2.)

3.4 *Prescribed contour*

A horizontal line, spaced at a definite distance from the principal radiating surface, along which the measurement points are located. (The method for determining the prescribed contour for particular equipment is given in Sub-clause 5.2.)

3.5 *Effective surface*

A hypothetical surface on which measurements are assumed to have been made and which is used to calculate the sound power radiated by the equipment.

3.6 *Background noise*

The noise picked up at the measuring points with the exclusion of that produced by the equipment the sound level of which is being measured. It includes the noise from all other apparatus necessary for the measurement process.

4. **Conditions for measurement**

4.1 *Criteria for adequacy of the test environment*

Ideally, the test environment should be free from reflecting objects other than a reflecting floor so that the equipment under test radiates into a free field over a reflecting plane.

Test environments that are suitable for measurements according to this standard are those which meet the qualification procedures of Appendix A.

4.2 *Operating conditions of equipment during measurement*

For measurements made on the transformer with or without its auxiliary cooling plant, the transformer shall be on no-load and excited at rated voltage of sinusoidal or practically sinusoidal waveform and rated frequency with the tap-changer (if any) on the principal tapping. The voltage shall be measured according to IEC Publication 76-1, Sub-clause 8.5.

If the transformer is fitted with reactor-type on-load tap-change equipment and the reactor may, on certain tap-change positions, be permanently energized, the measurements shall be made with the transformer on a tapping which involves this condition and as near as possible to the principal tapping. The excitation shall be appropriate to the tapping in use.

Note. — It is assumed that where tap-changing is referred to in this sub-clause, the method of voltage variation will be such as to maintain constant flux in the core. For other methods of voltage variation, the tapping chosen and the excitation voltage shall be the subject of agreement between the manufacturer and the purchaser.

4.3 Grandeurs à mesurer

Les niveaux du bruit de l'appareil et du bruit de fond doivent être déterminés comme des niveaux de pression acoustique sur la position de la pondération A, exprimés en dB(A). Afin d'éviter les erreurs dues aux influences perturbatrices, on utilisera la réponse rapide du sonomètre.

5. Méthodes de mesure

5.1 Mesure du bruit de fond

Les niveaux du bruit de fond doivent être mesurés immédiatement avant et après les mesures effectuées sur l'appareil.

Si le niveau du bruit de fond est très nettement inférieur au niveau résultant à la fois du bruit de l'appareil et du bruit de fond (différence supérieure ou égale à 9 dB(A)), il est possible de n'effectuer les mesures de bruit de fond qu'en une seule position de mesure, et aucune correction du niveau de bruit mesuré de l'appareil n'est nécessaire.

Si le niveau du bruit de fond est tel que la différence, en dB(A), entre le niveau moyen total résultant du bruit de l'appareil et du bruit de fond et le bruit de fond moyen seul est inférieure à 9 dB(A) mais au moins égale à 3 dB(A), il convient d'appliquer les corrections indiquées au tableau I. Dans ce cas, le niveau du bruit de fond doit être déterminé en chaque position de mesure si le nombre total de positions de mesure est inférieur ou égal à 10, ou en au moins 10 positions réparties de façon raisonnablement uniforme autour de l'appareil si le nombre total de positions de mesure est supérieur à 10.

Si la différence est inférieure à 3 dB(A), l'essai ne sera pas accepté à moins que le niveau résultant du bruit de fond et du bruit du transformateur ou de la bobine d'inductance soit inférieur à la valeur garantie. Dans un tel cas, on acceptera pour cette différence des valeurs inférieures, mais le rapport d'essai rappellera cette condition et mentionnera que la valeur déterminée est la limite supérieure du niveau de puissance acoustique du matériel.

La ou les hauteurs du ou des microphones pendant les mesures du bruit de fond doivent être les mêmes que pour la mesure du bruit de l'appareil, et les mesures du bruit de fond doivent être faites en des points du ou des contours prescrits.

TABLEAU I

Facteurs de correction pour les mesures du niveau de bruit

Différence, en dB(A), entre le niveau moyen total résultant du bruit de l'appareil et du bruit de fond et le bruit de fond moyen seul	dB(A) à soustraire du niveau moyen total résultant du bruit de l'appareil et du bruit de fond (Facteur Y)
3	3
4–5	2
6–8	1

Bien que l'on admette que la différence entre le niveau du bruit de fond et celui résultant à la fois de l'appareil et du bruit de fond soit faible, on s'efforcera d'obtenir une différence au moins égale à 7 dB(A) et, si possible, à 9 dB(A), mais s'il faut appliquer une correction de 3 dB(A), on indiquera entre guillemets (sur le rapport) le niveau corrigé.

Les niveaux moyens (appareil plus bruit de fond ou bruit de fond seul) sont calculés en faisant la moyenne arithmétique de toutes les lectures obtenues sur l'appareil à moins que la différence entre les valeurs extrêmes mesurées soit supérieure ou égale à 5 dB(A), auquel cas il convient d'utiliser la moyenne quadratique (voir le paragraphe 6.1 et l'annexe B).

4.3 Quantities to be measured

Equipment and background noise levels shall be determined as sound levels on the dB(A) weighting. To avoid measurement errors due to disturbing influences, the fast response indication of the meter shall be used.

5. Measurement methods

5.1 Background noise measurement

Background noise levels shall be measured immediately before and after the measurements on the equipment.

If the background noise level is clearly very much lower than the combined level of the equipment and background (difference not less than 9 dB(A)), measurements of background noise need be made at only one of the measuring positions and no correction of the measured sound level of the equipment is necessary.

If the background level is such that the difference, in dB(A), between the mean combined level of the equipment plus the background and the mean background alone is less than 9 dB(A) but not less than 3 dB(A), the corrections shown in Table I shall be applied. In such cases, the background level shall be determined at every measuring position where the total number of measuring positions is 10 or less and at not less than 10 positions reasonably evenly distributed round the equipment when the total number of measuring positions exceeds 10.

If the difference is less than 3 dB(A), the test will not be accepted unless the combined level of the background and transformer or reactor noise is less than the guaranteed value. In such a case, lower values for this difference will be accepted, but the test report shall record this condition and the determined value as the upper limit of the sound power level of the equipment.

The height(s) of the microphone(s) during the background measurements shall be the same as for measurement of the noise from the equipment and the background measurements shall be taken at points on the prescribed contour(s).

TABLE I
Correction factors for the sound level measurements

Difference, in dB(A), between the mean combined level of the equipment plus the background and the mean background alone	dB(A) to be subtracted from the mean combined level of the equipment plus the background (Factor Y)
3	3
4–5	2
6–8	1

Although the difference between the background noise level and that resulting from the combination of the equipment and background levels may be small, every effort should be made to obtain a difference at least equal to 7 dB(A) and, if possible, to 9 dB(A), but should it be necessary to apply the correction of 3 dB(A), the corrected level is to be indicated (on the report) in inverted commas.

The mean levels (equipment plus background or background alone) shall be taken as the arithmetic average of all readings obtained on the equipment, unless the difference between the extreme measured values is equal to or greater than 5 dB(A), when the quadratic mean value shall be used (see Sub-clause 6.1 and Appendix B).

5.2 Mesure du bruit de l'appareil

Les méthodes décrites ci-après pour la mesure du bruit de l'appareil recouvrent les différents modes de refroidissement employés, selon que les radiateurs sont éloignés de plus ou de moins de 3 m de la surface principale de rayonnement. Elles permettent également de calculer le niveau de puissance acoustique de l'appareil complet et le niveau de pression acoustique produit à une distance donnée par les méthodes exposées respectivement aux paragraphes 6.3 et 6.4.

i) Transformateurs sans réfrigérants à air forcé, ou pourvus de réfrigérants à air forcé montés sur un châssis éloigné d'au moins 3 m de la surface principale de rayonnement de la cuve principale

Les mesures sur le transformateur seul seront effectuées conformément au présent paragraphe; les mesures relatives au réfrigérant à air forcé seront effectuées conformément au paragraphe 5.2iii) ci-après.

La surface principale de rayonnement est la surface engendrée par la translation verticale, depuis le haut du couvercle de la cuve du transformateur (en excluant traversées, piétements et autres accessoires situés au-dessus du couvercle de la cuve, voir la figure 1, page 24) jusqu'à la base de la cuve, d'un contour décrit par une ficelle entourant l'appareil. La surface principale de rayonnement doit inclure les réfrigérants montés sur la cuve, les renforts de la cuve et les auxiliaires tels que boîtes à câbles, changeurs de prises, etc., et exclure les réfrigérants à air forcé. Les traversées, les tuyauteries d'huile, les conservateurs d'huile, le soubassement de la cuve, les vannes et autres accessoires secondaires doivent également être exclus.

Le contour prescrit doit être éloigné de 0,3 m de la surface principale de rayonnement définie ci-dessus.

Pour les transformateurs dont la hauteur de cuve est inférieure à 2,5 m, le contour prescrit sera situé dans le plan horizontal passant à mi-hauteur de la cuve. Pour les transformateurs dont la hauteur de cuve est supérieure ou égale à 2,5 m, il convient d'utiliser deux contours prescrits situés dans les plans horizontaux passant au tiers et aux deux tiers de la hauteur de la cuve.

En raison de la distance entre le contour prescrit et les réfrigérants à air forcé, il n'est pas nécessaire de tenir compte de la proximité de ces derniers dans le choix des positions de mesure. Les pompes de circulation d'huile et les ventilateurs doivent être mis hors service pendant les mesures sur le transformateur.

Les positions de mesure seront approximativement équidistantes avec des intervalles au plus égaux à 1 m; leur nombre ne sera pas inférieur à six (voir la figure 1).

ii) Transformateurs munis de réfrigérants à air forcé montés soit directement sur la cuve, soit sur un châssis séparé, éloigné de moins de 3 m de la surface principale de rayonnement de la cuve principale (voir la note au haut de la page 14)

Deux séries de mesures seront effectuées, toutes les deux avec le transformateur excité:

- 1) avec les ventilateurs et les pompes de circulation d'huile hors service, et
- 2) avec les ventilateurs et les pompes de circulation d'huile en service.

La surface principale de rayonnement est la surface engendrée par la translation verticale, depuis le haut du couvercle de la cuve du transformateur (en excluant traversées, piétements et autres accessoires situés au-dessus du couvercle de la cuve, voir la figure 1) jusqu'à la base de la cuve, d'un contour décrit par une ficelle entourant l'appareil. La surface principale de rayonnement doit inclure les réfrigérants à air forcé, les renforts de la cuve et les auxiliaires tels que boîtes à câbles, changeurs de prises, etc. Il faut exclure les traversées, les tuyauteries d'huile, les conservateurs d'huile, les soubassements de la cuve ou des réfrigérants, les vannes, les armoires de commande et autres accessoires secondaires.

Dans le cas des mesures 1), le contour prescrit sera éloigné de 0,3 m de la surface principale de rayonnement. Dans le cas des mesures 2), le contour prescrit sera éloigné de 2 m de la surface principale de rayonnement.

Pour les transformateurs dont la hauteur de cuve est inférieure à 2,5 m, le contour prescrit sera situé dans le plan horizontal passant à mi-hauteur de la cuve. Pour les transformateurs dont la hauteur de cuve est supérieure ou égale à 2,5 m, il convient d'utiliser deux contours prescrits, situés dans les plans horizontaux passant au tiers et aux deux tiers de la hauteur de la cuve.

5.2 Equipment sound level measurement

The following methods of equipment sound level measurement cover the different types of cooling employed, depending on whether the radiators are less than or more than 3 m away from the principal radiating surface. They also permit the sound power level of the complete equipment and the sound level at a distance from the equipment to be calculated by the methods detailed in Sub-clauses 6.3 and 6.4 respectively.

- i) *Transformers having no forced air cooling auxiliaries or with forced air cooling auxiliaries mounted on a separate structure spaced not less than 3 m away from the principal radiating surface of the main tank*

Measurements on the transformer only are to be made in accordance with this sub-clause; those on any forced air cooling auxiliaries in accordance with Sub-clause 5.2iii) below.

The principal radiating surface is the surface obtained by the vertical projection, from the top of the transformer tank cover (excluding bushings, turrets and other projections above the tank cover, see Figure 1, page 24) to the base of the tank, of a string contour encircling the apparatus. The principal radiating surface shall include cooling equipment attached to the tank, tank stiffeners and such auxiliary equipment as cable boxes, tap-changer, etc., and exclude any forced air cooling auxiliaries. Projections such as bushings, oil pipework, oil conservators, tank underbase, valves and other secondary elements shall also be excluded.

The prescribed contour shall be spaced 0.3 m away from the principal radiating surface as defined above.

For transformers with a tank height less than 2.5 m, the prescribed contour shall be on a horizontal plane at half the tank height. For transformers with a tank height equal to or greater than 2.5 m, two prescribed contours shall be used which are on horizontal planes at one-third and two-thirds of the tank height.

Because of the distance between the prescribed contour and the forced air cooling auxiliaries, no account need be taken of the proximity of such auxiliaries when arranging the measuring positions. Any oil circulating pumps and forced air cooling equipment shall be out of service during the measurements on the transformer.

The measuring positions shall be at approximately equally spaced intervals not more than 1 m apart with a minimum number of six (see Figure 1).

- ii) *Transformers having forced air cooling auxiliaries either mounted directly on the tank or on a separate structure spaced less than 3 m away from the principal radiating surface of the main tank (see note on top of page 15)*

Two sets of measurements shall be made, both with the transformer energized:

- 1) with the forced air cooling equipment and any oil circulating pumps out of service; and
- 2) with the forced air cooling equipment and any oil circulating pumps in service.

The principal radiating surface is the surface obtained by the vertical projection from the top of the transformer tank cover (excluding bushings, turrets and other projections above the tank cover, see Figure 1) to the base of the tank, of a string contour encircling the apparatus. The principal radiating surface shall include the forced air cooling auxiliaries, tank stiffeners and such auxiliary equipment as cable boxes, tap-changer, etc. Projections such as bushings, oil pipework, oil conservators, tank or cooler underbases, valves, control cubicles and other secondary elements, shall be excluded.

For the purpose of measurements 1), the prescribed contour shall be spaced 0.3 m away from the principal radiating surface. For the purpose of measurements 2), the prescribed contour shall be spaced 2 m away from the principal radiating surface.

For transformers with a tank height less than 2.5 m, the prescribed contour shall be on a horizontal plane at half the tank height. For transformers with a tank height equal to or greater than 2.5 m, two prescribed contours shall be used which are on horizontal planes at one-third and two-thirds of the tank height.

Les positions de mesure doivent être approximativement équidistantes avec des intervalles au plus égaux à 1 m; leur nombre ne sera pas inférieur à 10 (voir la figure 2, page 25).

Note. — Lorsque le transformateur est conçu pour être placé dans une enceinte, et que le réfrigérant, extérieur à l'enceinte, est éloigné de moins de 3 m du transformateur, il convient de suivre la procédure indiquée aux paragraphes 5.2i) et 5.2iii).

iii) *Batteries de réfrigération à air forcé, montées sur un châssis séparé, éloignées d'au moins 3 m de la surface principale de rayonnement du transformateur*

Ces mesures sont à ajouter à celles qui sont effectuées sur l'appareil principal. Elles doivent être effectuées avec le transformateur non excité et tous les réfrigérants à air forcé et les pompes de circulation d'huile en service. Les mesures doivent être considérées comme des renseignements complémentaires, sauf spécification contraire, puisqu'il n'est pas de pratique courante de monter la batterie de réfrigération séparée, en dehors des cas où l'on effectue un essai d'échauffement de l'appareil principal.

La surface principale de rayonnement est la surface engendrée par la translation verticale, depuis le haut de la batterie de réfrigération jusqu'à la base de la partie active (voir la figure 3, page 26), d'un contour décrit par une ficelle entourant l'appareil, mais excluant les conservateurs d'huile, les charpentes, les tuyauteries, les vannes et autres accessoires secondaires.

Le contour prescrit sera éloigné de 2 m de la surface principale de rayonnement telle qu'elle est définie ci-dessus.

Pour les batteries de réfrigération dont la hauteur hors tout est inférieure à 4 m (à l'exclusion des conservateurs d'huile, des tuyauteries, etc.), le contour prescrit sera situé dans le plan horizontal à mi-hauteur. Pour les batteries de réfrigération dont la hauteur hors tout (à l'exclusion des conservateurs d'huile, des tuyauteries, etc.) est supérieure ou égale à 4 m, il convient d'utiliser deux contours prescrits situés dans les plans horizontaux passant par le tiers et les deux tiers de la hauteur.

Les positions de mesure seront approximativement équidistantes avec des intervalles au plus égaux à 1 m; leur nombre ne sera pas inférieur à 10 (voir la figure 4, page 27).

6. Calculs et interprétation des résultats

6.1 Calcul du niveau de pression acoustique moyen corrigé

Une valeur moyenne $\bar{L}_{p(A)}$ sera calculée à partir des valeurs mesurées du niveau pondéré A de pression acoustique $L_{pi(A)}$ en utilisant l'équation suivante:

$$\bar{L}_{p(A)} = 10 \log_{10} \frac{1}{N} \left[\sum_{i=1}^{i=N} 10^{0,1 L_{pi(A)}} \right] - X - Y - Z \quad (1)$$

où:

$\bar{L}_{p(A)}$ = moyenne quadratique des niveaux de pression acoustique (c'est-à-dire niveau pondéré A de pression acoustique de la surface) en décibels — Référence 20 μ Pa

$L_{pi(A)}$ = niveau pondéré A de pression acoustique de la mesure de rang i, en décibels — Référence 20 μ Pa

N = nombre total de mesures

X = correction pour la constante du microphone

Y = correction pour le niveau du bruit de fond, selon le paragraphe 5.1

Z = correction d'environnement pour tenir compte de l'influence du son réfléchi

La correction d'environnement Z varie en fait de 0 dB à plus de 10 dB dans une salle fortement réfléchissante. Cependant, dans le cadre de la présente norme, la valeur maximale autorisée pour la correction d'environnement Z est de 7 dB.

Pour calculer la valeur de la correction d'environnement Z , on utilise les procédures de l'annexe A.

Note. — Lorsque la dispersion des valeurs de $L_{pi(A)}$ n'excède pas 5 dB, on peut utiliser une simple moyenne arithmétique comme une approximation acceptable de la moyenne quadratique. Cette valeur ne différera pas de plus de 0,7 dB de la valeur calculée selon l'équation (1).

The measuring positions shall be at approximately equally spaced intervals not more than 1 m apart, with a minimum number of 10 (see Figure 2, page 25).

Note. — Where the transformer is designed and intended for enclosure and the cooler, external to the enclosure, is spaced less than 3 m away from the transformer, then the procedure given in Sub-clauses 5.2i) and 5.2iii) shall be followed.

iii) *Forced air cooling auxiliaries mounted on a separate structure spaced not less than 3 m away from the principal radiating surface of the transformer*

These measurements are in addition to those made on the main equipment. They shall be made with the transformer unenergized and with all forced air cooling equipment and oil circulating pumps in operation. The measurements shall be regarded as additional requirements, unless otherwise specified, since it is often not the practice to erect separate cooling equipment except when temperature-rise tests are being made on the main equipment.

The principal radiating surface is the surface obtained by the vertical projection from the top of the cooler structure to the base of the active parts (see Figure 3, page 26) of a string contour encircling the apparatus but excluding oil conservators, framework, pipework, valves and other secondary elements.

The prescribed contour shall be spaced 2 m away from the principal radiating surface as defined above.

For cooler structures with an overall height less than 4 m (excluding oil conservators, pipework, etc.), the prescribed contour shall be on a horizontal plane at half the height. For cooler structures with an overall height (excluding oil conservators, pipework, etc.) equal to or greater than 4 m, two prescribed contours shall be used which are on horizontal planes at one-third and two-thirds of the height.

The measuring positions shall be at approximately equally spaced intervals not more than 1 m apart, with a minimum number of 10 (see Figure 4, page 27).

6. Calculations and interpretation of results

6.1 Calculation of corrected mean sound level

A mean value $\bar{L}_{p(A)}$ shall be calculated from the measured values of the A-weighted sound level $L_{pi(A)}$ by using the following equation:

$$\bar{L}_{p(A)} = 10 \log_{10} \frac{1}{N} \left[\sum_{i=1}^{i=N} 10^{0.1 L_{pi(A)}} \right] - X - Y - Z \quad (1)$$

where:

$\bar{L}_{p(A)}$ = quadratic mean sound level A (i.e. A-weighted surface sound level) in decibels—Reference 20 μ Pa

$L_{pi(A)}$ = A-weighted sound level from i^{th} measurement, in decibels—Reference 20 μ Pa

N = total number of measurements

X = correction for microphone constant

Y = correction for background level according to Sub-clause 5.1

Z = environmental correction to account for the influence of reflected sound

The environmental correction Z typically ranges from 0 dB to more than 10 dB in highly reverberant rooms. However, for the purpose of this standard, the maximum allowable value of the environmental correction Z is 7 dB.

The procedures of Appendix A are used to calculate the value of the environmental correction Z .

Note. — When the range of values of $L_{pi(A)}$ does not exceed 5 dB, a simple arithmetic average may be used as an acceptable approximation to the quadratic mean. This average will not differ by more than 0.7 dB from the value calculated using equation (1).

6.2 Calcul de l'aire de la surface équivalente

a) Mesures sur le transformateur excité, réfrigérants hors service, effectuées à 0,3 m de la surface principale de rayonnement, comme indiqué aux paragraphes 5.2i) et 5.2ii)1).

L'aire S de la surface équivalente, exprimée en mètres carrés, est calculée par la formule:

$$S = 1,25 h p_m \quad (2)$$

où:

h = hauteur de la cuve du transformateur

p_m = longueur du contour prescrit

1,25 est un facteur empirique destiné à tenir compte de l'énergie sonore rayonnée par la partie supérieure du transformateur ou des réfrigérants.

b) Mesures sur transformateurs excités avec des réfrigérants à air forcé en service, comme indiqué au paragraphe 5.2ii)2), ainsi que sur des batteries de réfrigération à air forcé montées sur un châssis séparé, comme indiqué au paragraphe 5.2iii), effectuées à 2 m de la surface principale de rayonnement.

L'aire S de la surface équivalente, exprimée en mètres carrés, est calculée par la formule:

$$S = \frac{3}{4\pi} p_m^2 \quad (3)$$

où:

p_m = longueur du contour prescrit

$\frac{3}{4\pi}$ est un facteur empirique dérivé de l'hémisphère équivalent de l'ensemble du transformateur et des réfrigérants, tenant compte de l'énergie sonore totale rayonnée

6.3 Calcul du niveau de puissance acoustique pondéré A

Pour déduire le niveau de puissance acoustique pondéré A à partir du niveau de bruit mesuré sur l'appareil, on utilise la formule suivante:

$$L_{W(A)} = \bar{L}_{p(A)} + 10 \log_{10} S \quad (4)$$

où:

$L_{W(A)}$ = niveau pondéré de puissance acoustique, en décibels, par rapport à 10^{-12} W

$\bar{L}_{p(A)}$ = niveau moyen, en dB(A), des niveaux de pression acoustique mesurés

S = aire de la surface équivalente (voir le paragraphe 6.2) exprimée en mètres carrés

6.4 Calcul du niveau de pression acoustique créé par l'appareil à une distance donnée

Si le rayonnement sonore de l'appareil est supposé uniforme dans toutes les directions, l'appareil peut être assimilé à une source d'ondes sphériques en ce qui concerne son rayonnement à distance.

Dans cette hypothèse, le niveau pondéré de puissance acoustique rayonnée par l'appareil peut être calculé à partir du niveau de pression acoustique mesuré sur l'appareil (voir le paragraphe 5.2), ce qui permet ensuite:

a) de déduire le niveau de pression acoustique créé à une distance donnée;

b) de comparer entre eux des appareils de caractéristiques électriques semblables mais de conceptions ou de constructions différentes.

Le niveau de pression acoustique L_R à une distance R ($R > 30$ m environ) du centre géométrique de l'appareil se calcule par la formule:

$$L_R = L_{W(A)} - 10 \log_{10} S_h \quad (5)$$

où:

L_R = niveau de pression acoustique en dB(A)

$S_h = 2\pi R^2$ = aire de la surface d'un hémisphère de rayon R m

6.2 Calculation of the area of the effective surface

a) Measurements on transformers energized and forced air cooled auxiliaries unenergized, as indicated in Sub-clauses 5.2i) and 5.2ii) 1), made at 0.3 m away from the principal radiating surface.

The area S of the effective surface, expressed in square metres, is calculated by the formula:

$$S = 1.25 h p_m \quad (2)$$

where:

h = height of the transformer tank

p_m = length of the prescribed contour

1.25 is an empirical factor intended to take account of the sound energy radiated by the upper part of the transformer or coolers.

b) Measurements on transformers energized with forced air cooling auxiliaries also energized, as indicated in Sub-clause 5.2ii) 2), also on forced air cooling auxiliaries mounted separately from the transformer, as indicated in Sub-clause 5.2iii), made at 2 m away from the principal radiating surface.

The area S of the effective surface, expressed in square metres, is calculated by the formula:

$$S = \frac{3}{4\pi} p_m^2 \quad (3)$$

where:

p_m = length of the prescribed contour

$\frac{3}{4\pi}$ is an empirical factor derived from the equivalent hemisphere of the coolers plus the transformer, taking account of the combined sound energy radiated.

6.3 Calculation of A-weighted sound power level

To derive the A-weighted sound power level $L_{W(A)}$ from the measured equipment sound level, the following formula is used:

$$L_{W(A)} = \bar{L}_{p(A)} + 10 \log_{10} S \quad (4)$$

where:

$L_{W(A)}$ = weighted sound power level, in decibels, with respect to 10^{-12} W

$\bar{L}_{p(A)}$ = mean level, in dB(A), of measured sound levels

S = area of the effective surface (see Sub-clause 6.2) expressed in square metres.

6.4 Calculation of sound level at a distance from the equipment

If the sound radiation of the equipment is assumed to be uniform in all directions, the equipment can be represented as a source of spherical waves as far as its distant sound level is concerned.

With this assumption, the weighted sound power level of the equipment may be calculated from the measured equipment sound level (see Sub-clause 5.2) and, from this:

a) the sound level at a distance may be derived;

b) comparisons may be made between equipment of similar electrical characteristics but of different design or construction.

The sound level L_R at a distance R ($R >$ about 30 m) from the geometrical centre of the equipment is calculated from:

$$L_R = L_{W(A)} - 10 \log_{10} S_h \quad (5)$$

where:

L_R = sound level in dB(A)

$S_h = 2\pi R^2$ = area of the surface of a hemisphere of radius R m

S'il y a deux sources de puissance acoustique, par exemple un transformateur et sa batterie de réfrigération séparée, le niveau pondéré de puissance acoustique de chaque source doit d'abord être déduit de l'équation (4). L'équation (5) peut alors être appliquée pour trouver le niveau de pression acoustique de chaque source (considérée comme indépendante) au point d'observation considéré, puis les niveaux seront ajoutés comme indiqué à l'annexe B.

6.5 Application du calcul du niveau de pression acoustique à une distance donnée à des cas particuliers

- a) Si les mesures de niveau de pression acoustique concernent le transformateur excité, les réfrigérants à air forcé étant hors service, comme indiqué aux paragraphes 5.2i) et 5.2ii)1), S est calculée au moyen de l'équation (2) (paragraphe 6.2a)) et $\bar{L}_{p(A)}$ est le niveau moyen, en dB(A), des pressions acoustiques mesurées dans ces conditions.
- b) Si les mesures de niveau de pression acoustique concernent le transformateur excité, les réfrigérants à air forcé étant également en service, comme indiqué au paragraphe 5.2ii)2), ou une batterie de réfrigération seule lorsque celle-ci est montée à une distance supérieure à 3 m du transformateur, comme indiqué au paragraphe 5.2iii), S est calculée au moyen de l'équation (3) (paragraphe 6.2b)) et $\bar{L}_{p(A)}$ est le niveau moyen, en dB(A), des pressions acoustiques mesurées dans ces conditions.
- c) Pour déterminer le niveau de pression acoustique total résultant d'un transformateur dont le niveau de bruit est mesuré conformément au paragraphe 5.2i) et de ses réfrigérants à air forcé dont le niveau de bruit est mesuré conformément au paragraphe 5.2iii), on suivra la méthode indiquée au paragraphe 6.4 pour deux sources sonores.

7. Présentation des résultats

Le rapport comportera celles des informations suivantes qui s'appliquent au matériel dont le niveau de pression acoustique a été mesuré:

- a) Référence à la spécification de mesure.
- b) Une description du transformateur indiquant la puissance, la tension et le rapport de transformation nominaux, le couplage, etc.
- c) Le nom et l'adresse du constructeur.
- d) Les caractéristiques de l'appareil de mesure acoustique et la vérification de son étalonnage. Cette information comprendra les numéros de série de l'appareil de mesure, des microphones et de la source d'étalonnage.
- e) Un croquis coté montrant l'emplacement du transformateur par rapport aux autres objets dans l'aire de mesure, ainsi que les positions de mesure.
- f) Les valeurs mesurées du niveau de pression acoustique en chaque point de mesure.
- g) Les valeurs mesurées du niveau de bruit de fond et les points de mesure correspondants.
- h) Les valeurs moyennes du niveau de pression acoustique dans les conditions de fonctionnement suivantes:
 - 1) transformateur entièrement équipé, auxiliaires hors service;
 - 2) transformateur entièrement équipé, auxiliaires en service;
 - 3) réfrigération en service, transformateur hors tension.
- i) Les moyennes des valeurs mesurées pour le bruit de fond dans les conditions 1), 2) ou 3) ci-dessus.
- j) Les moyennes des valeurs mesurées des niveaux de pression acoustique dans les conditions 1), 2) ou 3) ci-dessus après corrections pour le bruit de fond, la constante du microphone et les conditions d'environnement.
- k) L'aire de la surface équivalente correspondant aux mesures à 0,3 m de la surface principale de rayonnement.
- l) L'aire de la surface équivalente correspondant aux mesures à 2 m de la surface principale de rayonnement.
- m) Le(s) niveau(x) pondéré(s) A de puissance acoustique dans les conditions de fonctionnement h)1), h)2) et h)3) ci-dessus.

Note. — Un exemple de présentation des résultats est donné aux pages 20 et 21.

If there are two sources of sound power such as a transformer and its separate cooling auxiliaries, the individual weighted sound power level of each source should first be derived using equation (4). Equation (5) can then be applied to find the sound level of each source (considered independently) at the distant point under consideration and the two sound levels combined as shown in Appendix B.

6.5 Application of the calculation of sound level at a distance to specific arrangements

- a) If the sound level measurements are conducted with the transformer energized and any forced air cooling auxiliaries unenergized, as indicated in Sub-clauses 5.2i) and 5.2ii)1), S is calculated from equation (2) (Sub-clause 6.2a)) and $\bar{L}_{p(A)}$ is the mean value of all dB(A) sound level measurements made under these conditions.
- b) If the sound level measurements are conducted with the transformer energized and any forced air cooling auxiliaries also energized, as indicated in Sub-clause 5.2ii)2), or on the forced cooling auxiliaries alone when these are mounted at a distance greater than 3 m away from the transformer, as defined in Sub-clause 5.2iii), S is calculated from equation (3) (Sub-clause 6.2b)) and $\bar{L}_{p(A)}$ is the mean value of all dB(A) sound level measurements made under these conditions.
- c) To determine the combined sound level of a transformer measured in accordance with Sub-clause 5.2i) and its forced air cooling auxiliaries measured in accordance with Sub-clause 5.2iii), the method indicated in Sub-clause 6.4 for two sound sources shall be followed.

7. Presentation of results

The report shall include such of the following information as is applicable to the equipment of which the sound level has been measured:

- a) Reference to the measurement specification.
- b) A description of the transformer giving rated power, voltage and voltage ratio, connections, etc.
- c) The name of the transformer maker and the place of manufacture.
- d) Details of instrument and method of verification of its acoustical calibration. This information shall include the serial numbers of the instrument, of the microphones and of the calibration source.
- e) A dimensioned sketch showing the position of the transformer with respect to other objects in the measurement area and the measuring positions.
- f) The results of the sound level measurements at each measuring point.
- g) The results of background level measurements and the relevant points of measurements.
- h) The mean values of sound level for the following operating conditions:
 - 1) transformer fully equipped with its auxiliaries out of service;
 - 2) transformer fully equipped with its auxiliaries in service;
 - 3) cooling equipment in service with transformer unenergized.
- i) The mean values of background measurement for 1), 2) or 3) above.
- j) The mean values of sound levels for 1), 2) or 3) above corrected for background, microphone constant and environmental conditions.
- k) The area of the effective surface for measurements at 0.3 m away from the principal radiating surface.
- l) The area of the effective surface for measurements at 2 m away from the principal radiating surface.
- m) The A-weighted sound power level(s) for the operating conditions h)1), h)2) and h)3) above.

Note. — A typical form for presentation of results is given on pages 22 and 23.

Plan du transformateur, portant les positions de mesure par rapport aux traversées haute tension, la proximité des surfaces proches réfléchissant le son, par exemple un appareil, des murs, etc., et les positions de mesure du bruit de fond.

Hauteur du (des) microphone(s) au-dessus du sol et mètres.

Remarques, résultats supplémentaires, etc., (y compris les détails de tout niveau de bruit particulièrement élevé à des positions autres que les positions de mesure):

Personnes présentes pendant les mesures de bruit:

Signature Date

RECORD OF SOUND LEVEL MEASUREMENT

Contract number and site

Manufacturer Place of measurement Date of measurement

Place of manufacture Measurement specification

Details of transformer:

Serial No. MVA Voltage ratio Connections

Tapping range

Details of measuring instrument:

Make Type Serial No.

Microphone type Microphone serial No.

Calibration data of instrument and microphone

Test conditions:

Excitation voltage Frequency Hz Tap position

Sound level meter reading:

Background noise levels

Plan position

At start of measurements

At conclusion of measurements

Mean (arithmetic/quadratic)

dB(A)							

Measured sound levels: i) Transformer without coolers
ii) Transformer with coolers } Delete as appropriate
iii) Coolers without transformer }

Plan position	dB(A)	Plan position	dB(A)	Plan position	dB(A)	Plan position	dB(A)
1		13		25		37	
2		14		26		38	
3		15		27		39	
4		16		28		40	
5		17		29		41	
6		18		30		42	
7		19		31		43	
8		20		32		44	
9		21		33		45	
10		22		34		46	
11		23		35		47	
12		24		36		48	

Total

Mean of sound level meter readings (arithmetic/quadratic):

Correction for microphone constant (if any) (X) =

Correction for background level (Y) =

Environmental correction (Z) =

Total correction X + Y + Z =

Mean sound level (rounded in accordance with note)

Area of effective surface:

a) for measurements at 0.3 m away from the principal radiating surface m²

b) for measurements at 2 m away from the principal radiating surface m²

A-weighted sound power level dB

Note. — The mean sound level and sound power level should be rounded to the nearest whole number, decimal values of 0.5 dB and above being rounded to the next higher whole number.

For the French text, see page 20.

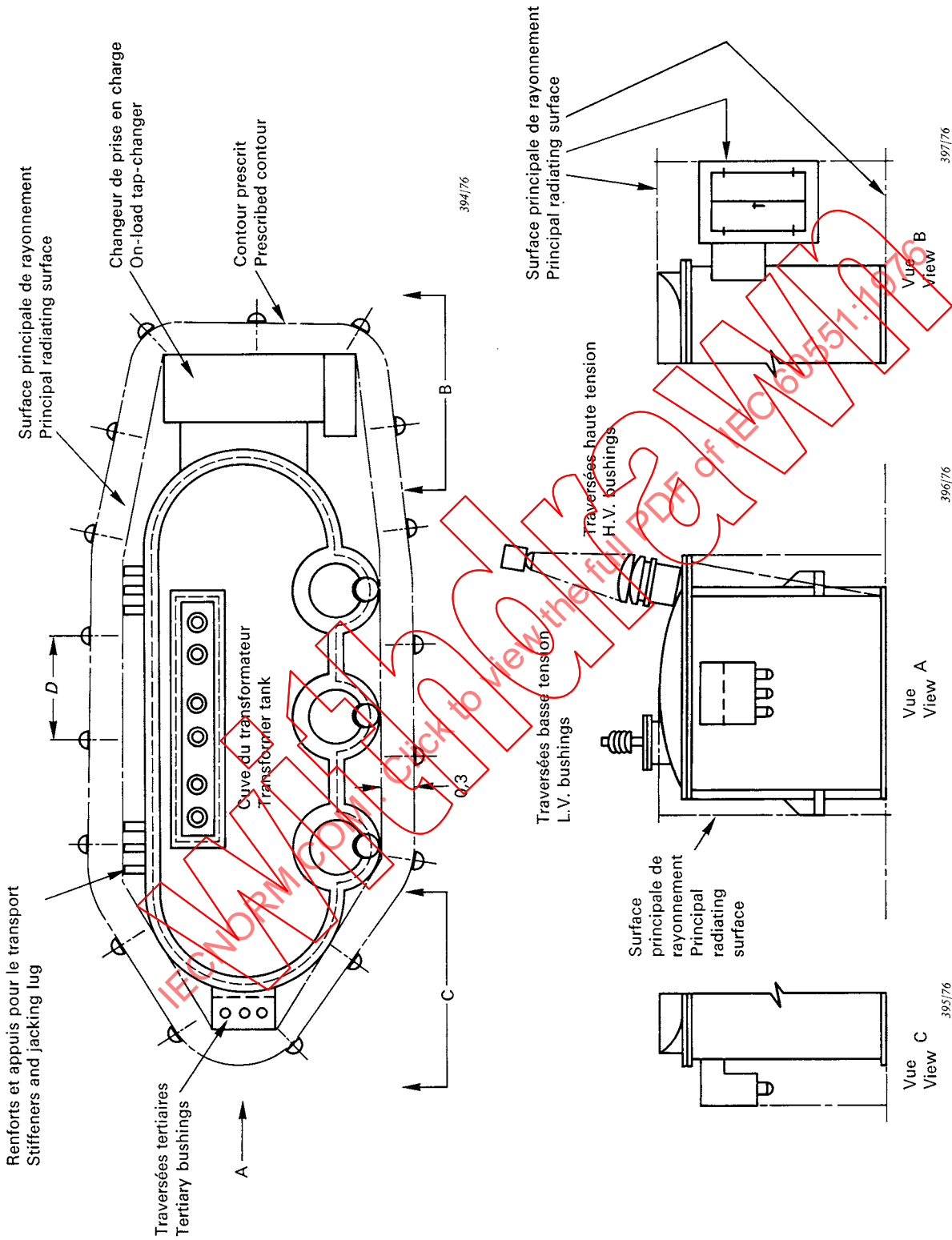
Plan of transformer, indicating measurement positions with respect to the H.V. bushings, proximity of nearby sound reflecting surfaces, e.g. equipment, walls, etc., and positions of background noise level measurement.

Height of microphone(s) above ground and metres.

Remarks, additional results, etc. (including details of any significantly high sound levels at positions other than the measurement positions):

Persons present during sound level measurements:

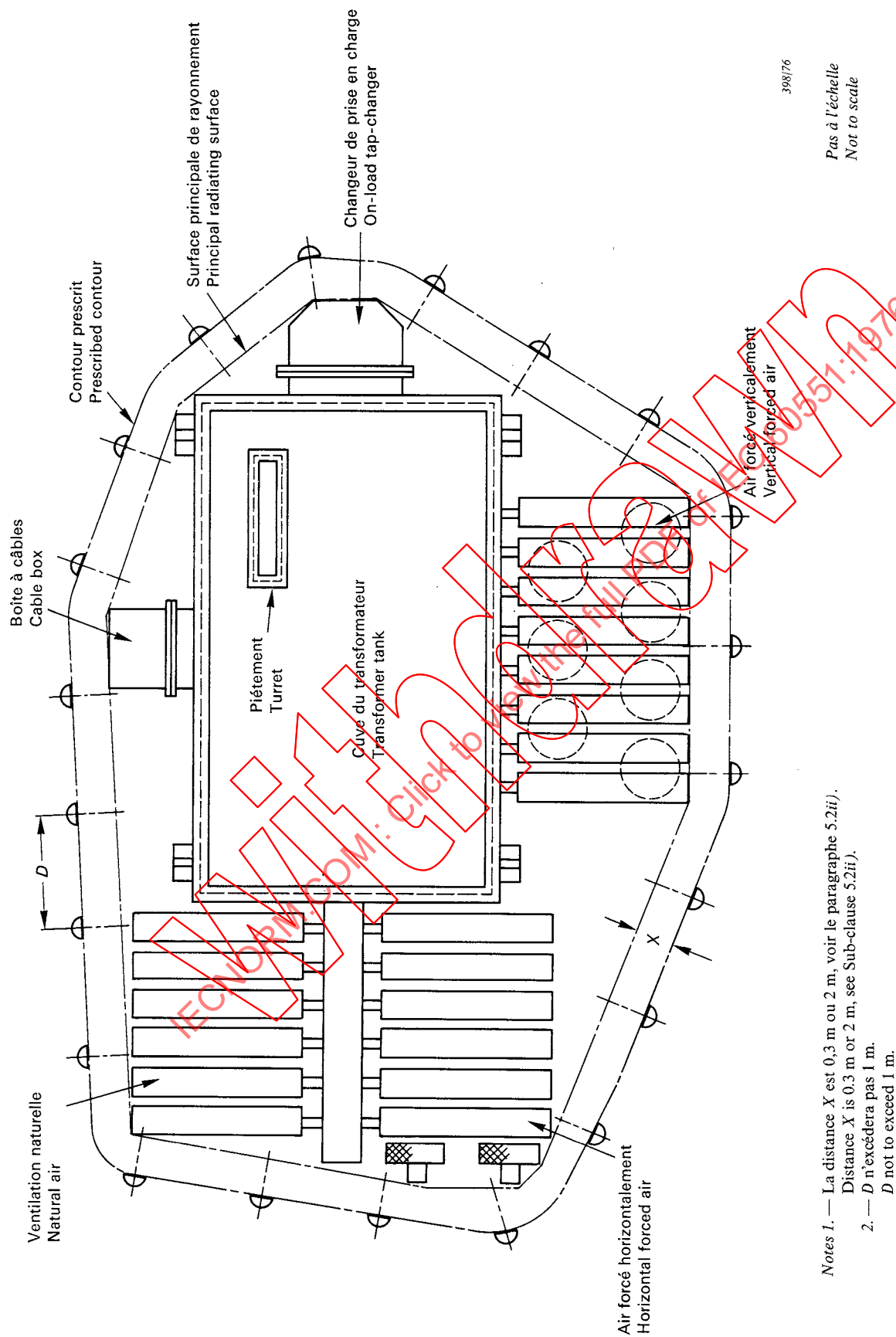
Signed Date



Note. — D n'excédera pas 1 m.
D not to exceed 1 m.

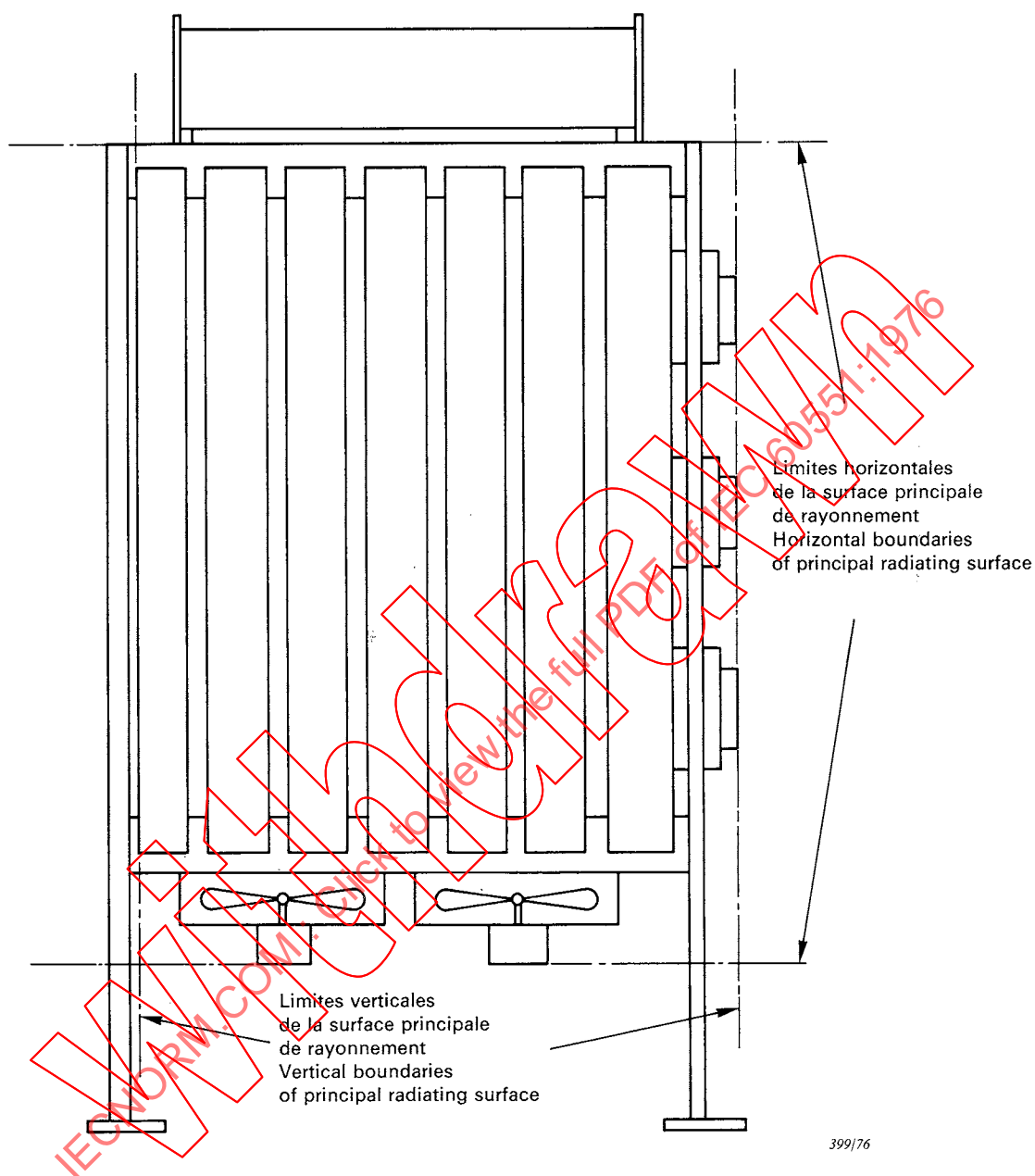
Pas à l'échelle
Not to scale

Fig. 1. — Positions types du microphone pour les mesures du bruit des transformateurs sans réfrigération.
Typical microphone positions for noise measurement on transformers excluding cooling equipment.



- Notes 1. — La distance X est 0,3 m ou 2 m, voir le paragraphe 5.2ii).
Distance X is 0,3 m or 2 m, see Sub-clause 5.2ii).
2. — D n'excèdera pas 1 m.
 D not to exceed 1 m.

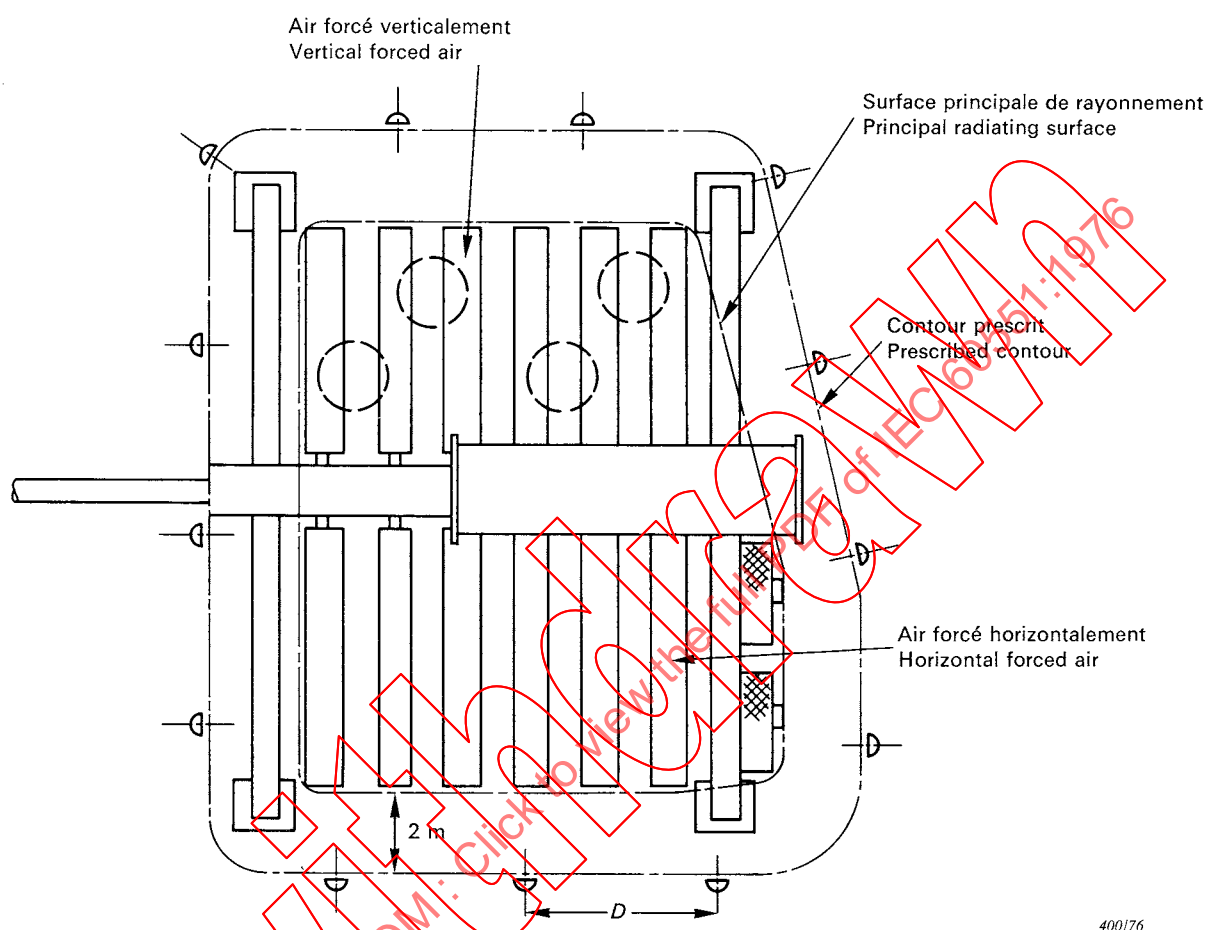
FIG. 2. — Positions types du microphone pour les mesures du bruit des transformateurs dont les réfrigérants à air forcé sont montés directement sur la cuve ou sur un châssis séparé éloigné de moins de 3 m de la surface principale de rayonnement. Typical microphone positions for noise measurement on transformers having forced air cooling auxiliaries either mounted directly on the tank or on a separate structure spaced less than 3 m away from the principal radiating surface.



VUE EN ÉLÉVATION
ELEVATION VIEW

Pas à l'échelle
Not to scale

FIG. 3. — Batterie de réfrigération à air forcé représentant les limites de la surface principale de rayonnement.
Cooler with forced air cooling auxiliaries showing boundaries of principal radiating surface.



400/76

D n'excédera pas 1 m.
 D not to exceed 1 m.

Pas à l'échelle
Not to scale

FIG. 4. — Positions types du microphone pour les mesures du bruit des batteries de réfrigération à air forcé montées sur un châssis séparé éloigné d'au moins 3 m de la surface principale de rayonnement de la cuve du transformateur.

Typical microphone positions for noise measurement on forced air cooling auxiliaries mounted on a structure spaced not less than 3 m away from the principal radiating surface of the transformer tank.

ANNEXE A

PROCÉDURE DE QUALIFICATION DE LA ZONE D'ESSAI

A1. Généralités

Pour les mesures faites selon la présente norme, on utilisera une zone comprenant un champ à peu près libre au-dessus d'un plan réfléchissant. Un local d'essai ordinaire peut comprendre une telle zone s'il satisfait aux exigences de la présente annexe.

Les objets réfléchissants devraient être le plus éloignés possible de l'appareil en essai, à l'exception du plan réfléchissant. Un local d'essai comprendrait, de façon idéale, des contours prescrits qui soient situés :

- 1) à l'intérieur d'un champ acoustique que ne perturbent essentiellement ni les réflexions provenant d'objets voisins, ni les limites du local et,
- 2) à l'extérieur du champ rapproché de la source sonore en essai.

Dans le cadre de cette norme, on considère que le contour prescrit est à l'extérieur du champ rapproché s'il est éloigné d'au moins 0,3 m de la source en essai.

A2. Conditions d'environnement

A2.1 Propriétés du plan réfléchissant

Pour les mesures à l'intérieur, le plan de réflexion est généralement le sol du local.

Note. — Lorsque la surface réfléchissante n'est ni un terrain plan, ni le sol du local d'essai, on prendra soin de s'assurer que la surface réfléchissante ne rayonne aucune énergie sonore appréciable due à des vibrations.

A2.1.1 Forme et dimension

La surface réfléchissante doit être plus grande que l'aire délimitée par la projection du contour prescrit sur le plan.

A2.1.2 Coefficient d'absorption sonore

Le coefficient d'absorption sonore du plan doit être inférieur à 0,1 dans la gamme de fréquences intéressée. Les sols de bois et de carrelage sont autorisés.

A2.2 Objets réfléchissants

Aucun objet réfléchissant ne faisant pas partie de la source en essai ne doit se trouver à l'intérieur de la projection du contour prescrit.

A3. Procédure de qualification et exigences relatives aux locaux d'essais

A3.1 Procédures d'essais

La correction d'environnement Z de l'équation (1) du paragraphe 6.1 rend compte de l'influence de réflexions sonores non souhaitées provenant des limites du local et(ou) d'objets réfléchissants proches de la source en essai. La valeur de cette correction d'environnement Z dépend principalement du rapport de l'absorption sonore A du local d'essai à l'aire S de la surface équivalente. Elle ne dépend pas beaucoup de l'emplacement de la source dans le local d'essai.

Dans la présente norme, la correction d'environnement Z est tirée de la figure 5, page 32, en prenant pour abscisse la valeur convenable de $\frac{A}{S}$. L'aire S de la surface équivalente se calcule au moyen de l'équation (2) ou (3) du paragraphe 6.2.

Deux méthodes au choix sont indiquées pour déterminer l'absorption sonore totale A du local d'essai.

APPENDIX A

TEST ENVIRONMENT QUALIFICATION PROCEDURE

A1. General

An environment providing an approximately free field over a reflecting plane shall be used for measurements made according to this standard. The environment may be provided in an ordinary test room if the requirements given in this appendix are satisfied.

Reflecting objects should be removed to the maximum extent possible from the vicinity of the equipment under test with the exception of the reflecting plane. A test room should ideally provide prescribed contours which lie:

- 1) inside a sound field essentially undisturbed by reflections from nearby objects and the room boundaries and,
- 2) outside the near field of the sound source under test.

For the purposes of this standard, the prescribed contour is considered to lie outside the near field if the measurement distance from the source under test is equal to or greater than 0.3 m.

A2. Environmental conditions

A2.1 Properties of reflecting plane

For indoor measurements, the reflecting plane is usually the floor of the room.

Note. — When the reflecting surface is not a ground plane or the floor of the test room, care shall be taken to ensure that the reflecting surface does not radiate any appreciable sound energy due to vibrations.

A2.1.1 Shape and size

The reflecting surface shall be larger than the area enclosed by the projection of the prescribed contour on the plane.

A2.1.2 Sound absorption coefficient

The sound absorption coefficient of the plane shall be less than 0.1 over the frequency range of interest. Wooden and tile floors are permitted.

A2.2 Reflecting objects

No reflecting objects that are not part of the source under test shall be located inside the projection of the prescribed contour.

A3. Qualification procedure and requirements for test rooms

A3.1 Test procedures

The environmental correction Z in equation (1) of Sub-clause 6.1 accounts for the influence of undesired sound reflections from room boundaries and/or reflecting objects near the source under test. The magnitude of this environmental correction Z depends principally on the ratio of the sound absorption of the test room A to the area of the effective surface S . The magnitude does not depend much on the location of the source in the test room.

In this standard, the environmental correction Z is obtained from Figure 5, page 33, by entering the abscissa with the appropriate value of $\frac{A}{S}$. The area S of the effective surface is calculated from equation (2) or (3) given in Sub-clause 6.2.

Two alternative methods are given to determine the total sound absorption A of the test room.

A3.1.1 Estimation de l'absorption sonore A

Le coefficient d'absorption sonore moyen des surfaces du local d'essai (murs, sol et plafond) est estimé au moyen du tableau II. La valeur de A se calcule alors d'après:

$$A = aS_v \quad (1A)$$

où:

S_v = aire de la surface du local d'essai, en mètres carrés

a = coefficient d'absorption sonore moyen (voir le tableau II)

TABLEAU II

Valeurs approchées du coefficient d'absorption sonore moyen d'un local

Coefficient d'absorption sonore moyen a	Description du local
0,05	Locaux presque vides dont les murs de béton, de briques, de plâtre ou de carrelages sont lisses et durs
0,1	Locaux partiellement vides, locaux dont les murs sont lisses
0,15	Salles des machines rectangulaires, locaux industriels rectangulaires
0,2	Salles des machines ou locaux industriels de formes irrégulières
0,25	Salles des machines ou locaux industriels comportant une petite quantité de matériau acoustique sur le plafond ou les murs (par exemple plafond partiellement absorbant)

A3.1.2 Détermination expérimentale de l'absorption sonore A

L'absorption sonore A peut être déterminée en mesurant au moyen d'un récepteur sur pondération A le temps de réverbération du local d'essai excité par un bruit à large bande. La valeur de A est alors:

$$A = 0,16 \frac{V}{T} \quad (2A)$$

où:

V = volume du local d'essai, en mètres cubes

T = temps de réverbération du local d'essai, en secondes (voir la Recommandation ISO/R 354*).

A4. Exigences de qualification pour les locaux d'essais

Pour que la surface équivalente satisfasse, dans un local d'essai, aux exigences de la présente norme, le rapport de A à S doit être supérieur ou égal à 1, soit:

$$\frac{A}{S} \geq 1$$

Si l'exigence ci-dessus ne peut pas être satisfaite, le rapport $\frac{A}{S}$ peut être augmenté par l'introduction, à l'intérieur du local d'essai, de matériaux qui absorbent le son; on redéterminera alors la valeur du rapport $\frac{A}{S}$ dans ces nouvelles conditions.

* Mesure du coefficient d'absorption dans un local réfléchissant.