

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC
60886**

Première édition
First edition
1987-03

**Recherches sur les méthodes d'essai
des appareils pour le nettoyage aux ultrasons**

**Investigations on test procedures
for ultrasonic cleaners**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60886: 1987

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement
(Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity 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 relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates
(On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC
60886**

Première édition
First edition
1987-03

**Recherches sur les méthodes d'essai
des appareils pour le nettoyage aux ultrasons**

**Investigations on test procedures
for ultrasonic cleaners**

© IEC 1987 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.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

G

*Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue*

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
INTRODUCTION	6

Articles

1. Domaine d'application et objet	6
2. Généralités	6
3. Enlèvement de souillure normalisée	8
4. Méthodes fondées sur la mesure de l'érosion par cavitation	10
5. Mesure (par sonde intégrante) de la densité de l'énergie	10
6. Enlèvement qualitatif de la souillure	12
7. Conclusion	12
8. Bibliographie	12

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 60886:1987

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
INTRODUCTION	7

Clause

1. Scope and object	7
2. General	7
3. Removal of standard soil	9
4. Cavitation erosion methods	11
5. Energy density measurement (integrating probe)	11
6. Qualitative soil removal	13
7. Conclusions	13
8. Bibliography	13

IECNORM.COM :: Click to view the full PDF of IEC TR 60886:1987

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**RECHERCHES SUR LES MÉTHODES D'ESSAI DES APPAREILS
POUR LE NETTOYAGE AUX ULTRASONS**

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

Le présent rapport a été établi par le Sous-Comité 29D: Ultrasons, du Comité d'Etudes n° 29 de la CEI: Electroacoustique.

Le texte de ce rapport est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
29D(BC)24	29D(BC)26

Pour de plus amples renseignements, consulter le rapport de vote mentionné dans le tableau ci-dessus.

La publication suivante de la CEI est citée dans le présent rapport:

Publication n° 653 (1979): Considérations générales sur le nettoyage aux ultrasons.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**INVESTIGATIONS ON TEST PROCEDURES
FOR ULTRASONIC CLEANERS**

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 report has been prepared by Sub-Committee 29D: Ultrasonics, of IEC Technical Committee No. 29: Electroacoustics.

The text of this report is based on the following documents:

Six Months' Rule	Report on Voting
29D(CO)24	29D(CO)26

Further information can be found in the Report on Voting indicated in the table above.

The following IEC publication is quoted in this report:

Publication No. 653 (1979): General Considerations on Ultrasonic Cleaning.

RECHERCHES SUR LES MÉTHODES D'ESSAI DES APPAREILS POUR LE NETTOYAGE AUX ULTRASONS

INTRODUCTION

Reference est faite à la Publication 653 de la CEI: Considérations générales sur le nettoyage aux ultrasons, qui attire l'attention sur les problèmes liés à une méthode d'essai pour déterminer la capacité des produits électrotechniques à résister aux contraintes dues au nettoyage aux ultrasons. La procédure d'essai décrite dans l'annexe A de cette publication est incomplète car aucune mesure reproductible de la pression dans le bain n'a pu être spécifiée. Le comportement anormal de la pression acoustique en fonction de la température n'a pas non plus trouvé de solution.

1. Domaine d'application et objet

Le présent rapport a pour objet essentiel de servir de source de référence sur les travaux qui ont été exécutés en vue d'évaluer les diverses méthodes d'essai afin de vérifier l'efficacité des appareils de nettoyage aux ultrasons. Il n'existe cependant aucune méthode d'essai qui ait pu être reconnue comme suffisamment reproductible pour servir de base à une norme de la CEI.

Il est souhaitable que le présent rapport serve de stimulant pour une étude ultérieure concernant le procédé de nettoyage aux ultrasons, afin de rendre plus compréhensibles les phénomènes mis en jeu.

2. Généralités

2.1 A l'heure actuelle le nettoyage aux ultrasons représente une technique largement reconnue, qui est utilisée aussi bien en industrie que dans d'autres domaines. C'est ce qui explique le besoin d'une méthode d'essai normalisée permettant de mesurer l'efficacité, dans des conditions strictement déterminées, d'un appareil destiné au nettoyage par ultrasons pour offrir la possibilité de comparer les caractéristiques fonctionnelles d'appareils de marques et modèles différents.

2.2 Un nombre considérable de méthodes d'essai ont été proposées et étudiées. Ces méthodes se subdivisent en quatre catégories principales:

- a) Mesure quantitative de l'enlèvement d'un produit salissant (souillure) normalisé à la surface d'une éprouvette.
- b) Mesure quantitative d'un paramètre lié à la cavitation ultrasonore dans le liquide de nettoyage.
- c) Mesure quantitative de la densité d'énergie dans le liquide de nettoyage.
- d) Essais qualitatifs de la propreté d'une éprouvette après nettoyage.

Les méthodes d'essai les plus prometteuses sont décrites dans le présent rapport.

2.3 La mesure quantitative de l'enlèvement du produit salissant (souillure) est considérée comme la base d'essai préférable étant donné qu'elle est directement liée au nettoyage. C'est pourquoi la première méthode d'essai analysée consiste en l'enlèvement du produit salissant (souillure) normalisé de la surface d'anneaux en céramique et ensuite d'anneaux en acier inoxydable, comme décrit à l'article 3.

INVESTIGATIONS ON TEST PROCEDURES FOR ULTRASONIC CLEANERS

INTRODUCTION

Reference is made to IEC Publication 653: General Considerations on Ultrasonic Cleaning, which draws attention to problems associated with a test procedure to determine the ability of electrotechnical products to withstand stresses during ultrasonic cleaning. The test procedure described in Appendix A of that publication is incomplete, since no reproducible method of measurements has been specified for measuring the sound pressure in the bath. Also the anomalous behaviour of sound pressure with temperature has not been resolved.

1. Scope and object

The primary purpose of this report is to provide a source of reference for the work which has been carried out in order to evaluate the various test procedures for checking the effectiveness of ultrasonic cleaners. None of the test procedures was considered to be sufficiently reproducible to form the basis of an IEC standard.

It is hoped that this report will stimulate further research into the ultrasonic cleaning process to provide a better understanding of the phenomena involved.

2. General

2.1 Ultrasonic cleaning is now an established technique which is widely used both in industry and elsewhere. Thus there is a need for a standardized test procedure to measure the effectiveness of an ultrasonic cleaner under closely defined conditions so that the performance of different makes and models can be compared.

2.2 Many test procedures have been proposed and were reviewed. The methods fall into four main categories:

- a) Quantitative measurement of removal of a standard soil from a test piece.
- b) Quantitative measurement of a parameter related to the ultrasonic cavitation in the cleaning liquid.
- c) Quantitative measurement of the energy density in the cleaning liquid.
- d) Qualitative tests for cleanliness of a test piece after cleaning.

The most promising test procedures are described in this report.

2.3 Quantitative measurement of soil removal is the preferred basis because it relates directly to cleaning. Thus the first method investigated was the removal of standard soil from ceramic rings and later steel rings, as described in Clause 3.

- 2.4 La cavitation constitue un phénomène qui joue un rôle important dans le procédé de nettoyage aux ultrasons, surtout dans la gamme des fréquences de 20 kHz à 60 kHz utilisée pour la plupart des applications de nettoyage. Pour que cette méthode soit acceptable, il faut que l'érosion par cavitation ait un rapport quantitatif stable avec l'effet du nettoyage. Les méthodes de mesure mettant en jeu l'érosion par cavitation d'éprouvettes sont décrites à l'article 4.
- 2.5 La mesure de la densité d'énergie dans la cuve de nettoyage avec utilisation de la sonde intégrante de nouvelle construction [2], [3]* est décrite à l'article 5. Pour que la méthode soit acceptable, il faut que le signal de sortie de la sonde soit proportionnel à l'effet du nettoyage.
- 2.6 Etant donné les difficultés et les restrictions dans l'application des méthodes d'essai quantitatives, on a étudié quelques méthodes qualitatives simples comprenant un procédé photo-électrique de contrôle de l'enlèvement d'un produit salissant (souillure) sur des lames de verre (voir paragraphe 3.7) ainsi que l'enlèvement d'une souillure normalisée de la surface d'anneaux en céramique (voir article 6).
- 2.7 De nombreux liquides différents sont employés pour le nettoyage aux ultrasons. Les caractéristiques et l'état du liquide exercent une grande influence sur l'efficacité du nettoyage aux ultrasons. Les solutions aqueuses sont plus largement utilisées, et c'est pourquoi, dans la présente étude, on a fait appel à l'eau en tant que liquide de nettoyage.

3. Enlèvement de souillure normalisée

- 3.1 La méthode d'essai a consisté à enlever un produit salissant (souillure) normalisé, qui était composé de paraffine, huile de lin et acide stéarique, d'une paire d'anneaux en céramique. Les anneaux avaient été initialement pesés à l'aide d'une balance analytique; puis, dans des conditions strictement contrôlées, on a appliqué le produit salissant sur le côté plat de chaque anneau (de section semi-circulaire). Les anneaux ont été mis en contact deux à deux par leur face salie et unis par fusion de la souillure, dans un four. Les paires d'anneaux ainsi formées ont été pesées afin de trouver la masse des anneaux plus la souillure. Ensuite les paires d'anneaux ont été placées à des emplacements prédéterminés sur des tiges d'acier inoxydable (chaque tige avait 25 mm de diamètre); plusieurs barres étaient utilisées, selon la grandeur de la cuve de nettoyage. Les tiges ont servi comme charge de travail type pour la cuve de nettoyage.
- 3.2 De l'eau dégazée, contenant un agent mouillant, a été utilisée comme liquide de nettoyage.
- 3.3 Les anneaux subissaient un nettoyage aux ultrasons pendant 1 min à une température du liquide de 50 °C.
- 3.4 On séchait et pesait de nouveau les anneaux.
- 3.5 La valeur relative du nettoyage a été calculée ainsi:

$$\text{Taux de nettoyage} = \frac{\text{masse de la souillure enlevée}}{\text{masse de la souillure appliquée}} \times 100 =$$

$$\frac{(\text{masse totale des anneaux souillés}) - (\text{masse totale des anneaux après nettoyage})}{(\text{masse totale des anneaux souillés}) - (\text{masse totale des anneaux avant application de la souillure})} \times 100$$

* Les chiffres entre crochets se rapportent à la Bibliographie, page 12.

- 2.4 Cavitation is a phenomenon which plays a major part in the ultrasonic cleaning process particularly in the frequency range 20 kHz to 60 kHz which is employed for most cleaning applications. To be acceptable, the cavitation activity measurement must bear a consistent, quantitative relationship to the cleaning effect. Methods involving the cavitation erosion of test pieces are described in Clause 4.
- 2.5 Measurement of the energy density in a cleaning tank using an integrating probe of novel design [2], [3]* is described in Clause 5. For the method to be acceptable the output from the probe would have to bear a consistent, quantitative relationship to the cleaning effect.
- 2.6 Because of the difficulties and limitations of the quantitative test procedures, some simple qualitative methods were investigated including a photoelectric system to check removal of soil from glass slides (see Sub-clause 3.7) and the removal of a standard soil from ceramic rings (see Clause 6).
- 2.7 Many different liquids are used for ultrasonic cleaning, and the characteristics and condition of the liquid have a major influence on the effectiveness of the ultrasonic cleaning. Aqueous solutions are the most widely used and so it was decided to use water as the cleaning liquid in the investigations.

3. Removal of standard soil

- 3.1 The test procedure consisted of removing standard soil prepared from paraffin, linseed oil and stearic acid, from pairs of ceramic rings. The rings were first weighed with an analytical balance and then the soil was applied under controlled conditions to the flat face of each ring (semicircular cross-section). The soiled faces of two rings were placed together and the soils fused in an oven. The pairs of rings thus formed were weighed to find the weight of the rings plus the soil. The pairs of rings were then placed at predetermined locations on 25 mm diameter stainless steel rods; several rods were used depending on the size of the cleaning tank. The rods helped to provide a typical work load for the cleaning tank.
- 3.2 Degassed water with a wetting agent was used as the cleaning liquid.
- 3.3 The rings were ultrasonically cleaned for 1 min at a liquid temperature of 50 °C.
- 3.4 The rings were then dried and weighed again.
- 3.5 A percentage cleaning value was calculated as follows:

$$\begin{aligned} \% \text{ cleaning} &= \frac{\text{weight of soil removed}}{\text{weight of soil applied}} \times 100 = \\ &= \frac{(\text{total weight of soiled rings}) - (\text{total weight of rings after cleaning})}{(\text{total weight of soiled rings}) - (\text{total weight of rings before applying soil})} \times 100 \end{aligned}$$

* Figures in square brackets refer to the Bibliography, page 13.

3.6 L'évaluation de cette procédure d'essai a donné les résultats ci-dessous:

- a) Les résultats d'essai sont très dispersés même si l'essai est répété dans le même laboratoire.
- b) Cette procédure d'essai exige des précautions extrêmes et l'utilisation de moyens de pesage de très grande précision; elle ne peut donc être mise en œuvre que dans un laboratoire bien équipé.
- c) Les caractéristiques des composants de la souillure (huile de lin en particulier) ne sont pas constantes.
- d) Les anneaux céramiques sont de fabrication privée et ne sont pas universellement disponibles.

3.7 Dans le dessein de résoudre les problèmes liés à la souillure, une recherche intensive a été entreprise afin de mettre au point une substance reproductible et sûre [1]. Tour à tour deux produits souillants, des encres à base de caséine et de gomme laque, ont été essayés, et ce dernier fut considéré comme plus sûr et adhérent mieux à l'éprouvette.

Chaque paire d'anneaux céramiques a été remplacée par un anneau unique en acier inoxydable, pour lequel on peut avoir une spécification complète. Des essais ont aussi été effectués en remplaçant les anneaux par des lames de verre. La quantité de souillure enlevée des lames de verre peut être déterminée qualitativement par un système photo-électrique, ceci étant un substitut simple au processus de pesage, qui exige temps et précision.

Cependant, la reproductibilité des résultats liés à la procédure d'enlèvement de la souillure est trop faible pour que cette méthode puisse servir de base à une norme de la CEI.

4. Méthodes fondées sur la mesure de l'érosion par cavitation

- 4.1 Un travail a été accompli pour mesurer l'érosion due à la cavitation d'un feuillard de plomb ou d'une tôle d'aluminium [1] immergés dans la cuve de nettoyage par ultrasons. Pour évaluer les pertes de masse provenant de l'érosion par cavitation, les tôles étaient pesées avant et après irradiation dans le liquide de nettoyage (normalement de l'eau).
- 4.2 Des investigations ont été faites aussi sur l'érosion de feuilles d'aluminium, placées dans la cuve de nettoyage et finement perforées par la cavitation due aux ultrasons. La superficie des perforations d'aluminium peut être évaluée visuellement, par photographie ou par un système photo-électrique. Cela donne une indication qualitative de l'intensité de la cavitation.
- 4.3 L'objection majeure à ces méthodes est le fait que les dimensions de l'érosion n'étaient pas toujours liées à l'effet du nettoyage. En effet, la variation d'un paramètre d'essai, tel qu'une augmentation de température, qui peut diminuer l'érosion due à la cavitation, peut améliorer l'efficacité du nettoyage.

5. Mesure (par sonde intégrante) de la densité de l'énergie

- 5.1 On a évalué les données d'une sonde intégrante [2], [3] qui avait été créée spécialement pour mesurer la densité de l'énergie ultrasonore dans des liquides. La sonde se compose de 32 absorbants acoustiques, ayant chacun 4 mm de diamètre; un thermocouple est incorporé dans chaque absorbant pour mesurer l'élévation de température dans l'absorbant, due à l'énergie ultrasonore. Les absorbants acoustiques sont disposés dans un volume approximativement sphérique, d'un diamètre total de 34 mm pour la mesure dans la gamme des fréquences depuis 20 kHz jusqu'à 40 kHz. La densité de l'énergie ultrasonore est intégrée ainsi dans le volume du liquide.