

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RECOMMANDATION DE LA C.E.I.

# INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

I.E.C. RECOMMENDATION

## Publication 150

Première édition — First edition

1963

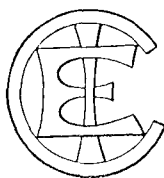
---

**Essai et étalonnage de générateurs d'ultrasons à usage thérapeutique**

---

**Testing and calibration of ultrasonic therapeutic equipment**

---



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

Le prix imprimé dans cette publication n'est plus valable. Veuillez consulter l'édition actuelle du Catalogue de la C.E.I.

The price printed in this publication is no longer valid. Please consult the current edition of the IEC Catalogue.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60150:1963

**COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE**

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

**RECOMMANDATION DE LA C.E.I.**

**INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION**

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

**I.E.C. RECOMMENDATION**

**Publication 150**

Première édition — First edition

1963

---

**Essai et étalonnage de générateurs d'ultrasons à usage thérapeutique**

---

**Testing and calibration of ultrasonic therapeutic equipment**

---



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

## SOMMAIRE

|                                                            | Pages |
|------------------------------------------------------------|-------|
| PRÉAMBULE . . . . .                                        | 4     |
| PRÉFACE . . . . .                                          | 4     |
| Articles                                                   |       |
| 1. Domaine d'application et objet . . . . .                | 6     |
| 2. Terminologie . . . . .                                  | 6     |
| 3. Caractéristiques acoustiques . . . . .                  | 6     |
| 4. Dispositifs de sécurité et organes de réglage . . . . . | 8     |
| 5. Tolérances . . . . .                                    | 8     |
| 6. Méthodes d'étalonnage . . . . .                         | 10    |
| 7. Marquage . . . . .                                      | 10    |
| Figure 1 . . . . .                                         | 12    |
| ANNEXE : Technique des mesures . . . . .                   | 14    |
| BIBLIOGRAPHIE . . . . .                                    | 16    |

## CONTENTS

|                                                | Page |
|------------------------------------------------|------|
| FOREWORD . . . . .                             | 5    |
| PREFACE . . . . .                              | 5    |
| Clause                                         |      |
| 1. Scope and purpose . . . . .                 | 7    |
| 2. Terminology . . . . .                       | 7    |
| 3. Acoustic characteristics . . . . .          | 7    |
| 4. Safety and control features . . . . .       | 9    |
| 5. Tolerances . . . . .                        | 9    |
| 6. Calibration procedures . . . . .            | 11   |
| 7. Labelling . . . . .                         | 11   |
| Figure 1 . . . . .                             | 13   |
| APPENDIX : Technique of measurements . . . . . | 15   |
| BIBLIOGRAPHY . . . . .                         | 17   |

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**ESSAI ET ÉTALONNAGE DE GÉNÉRATEURS D'ULTRASONS  
A USAGE THÉRAPEUTIQUE**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C.E.I. 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 cette unification internationale, la C.E.I. exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la C.E.I. dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur des questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

La présente recommandation a été préparée par le Comité d'Etudes N° 29 de la C.E.I. : Electro-acoustique. Des projets préliminaires ont fait l'objet de discussions à Stockholm, en juillet 1958 et à Rapallo, en avril 1960. A la suite de la réunion de Rapallo, un projet définitif fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en janvier 1961.

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

Allemagne  
Autriche  
Belgique  
Danemark  
Etats-Unis d'Amérique

France  
Inde  
Italie  
Norvège  
Pays-Bas

Roumanie  
Royaume-Uni  
Suède  
Suisse  
Tchécoslovaquie  
Turquie

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

---

# TESTING AND CALIBRATION OF ULTRASONIC THERAPEUTIC EQUIPMENT

---

### FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the I.E.C. 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 this international unification, the I.E.C. expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the I.E.C. recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

### PREFACE

This Recommendation was prepared by I.E.C. Technical Committee 29, Electro-acoustics. Drafts were discussed in Stockholm, July 1958 and in Rapallo, April 1960. As a result of this latter meeting, a final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in January 1961.

The following countries voted explicitly in favour of publication :

Austria  
Belgium  
Czechoslovakia  
Denmark  
France

Germany  
India  
Italy  
Netherlands  
Norway

Romania  
Sweden  
Switzerland  
Turkey  
United Kingdom  
United States of America

## ESSAI ET ÉTALONNAGE DE GÉNÉRATEURS D'ULTRASONS A USAGE THÉRAPEUTIQUE

### 1. Domaine d'application et objet

1.1 Les présentes recommandations sont applicables aux appareils destinés à l'usage thérapeutique. Un tel appareil se compose d'un générateur d'énergie électrique à haute fréquence et d'un transducteur, généralement constitué d'un disque de matière piézoélectrique qui convertit cette énergie électrique en énergie ultrasonore. Le transducteur est placé dans une monture prévue pour l'application locale des ultrasons au corps humain. Le transducteur et les pièces associées avec la monture sont appelés « projecteur » (ou « tête ultrasonore »).

1.2 Les présentes recommandations précisent des méthodes pour la mesure de l'intensité acoustique et pour la détermination de la répartition du faisceau ultrasonore produit par ces appareils; elles doivent permettre aux constructeurs et aux services de vérification de prévoir un marquage convenable, comme il est indiqué ci-après.

1.3 Les présentes recommandations ne s'appliquent qu'aux appareils à ultrasons pour la thérapie utilisant des transducteurs circulaires plans correspondant à la pratique actuelle. Si, à l'avenir, des progrès conduisaient à d'autres types de projecteurs convenables, des prescriptions appropriées seraient ajoutées aux présentes recommandations.

1.4 Les présentes recommandations ne se rapportent qu'aux caractéristiques physiques des appareils. Il n'y est pas traité de la valeur thérapeutique, ni des méthodes d'utilisation.

### 2. Terminologie

La terminologie acoustique et électrique du Vocabulaire Electrotechnique International doit être utilisée lorsque cela est possible.

### 3. Caractéristiques acoustiques

3.1 Les ondes ultrasonores fournies peuvent être entretenues ou modulées. La modulation peut être sinusoïdale, par impulsions, ou résulter d'un redressement des deux alternances ou d'une seule alternance. Quand le taux de modulation est inférieur à 25 %, l'onde est considérée comme entretenue.

*Note.* — Le taux de modulation est le quotient de la différence et de la somme des amplitudes des pressions maximale et minimale.

3.2 La puissance acoustique moyenne fournie par un projecteur ultrasonore est la moyenne, dans le temps, de la puissance acoustique, émise par la face avant du projecteur, dans un champ acoustique pratiquement libre, dans l'eau et dans des conditions définies (voir article 6). Elle s'exprime en watts.

3.3 La surface émettrice utile d'un projecteur ultrasonore est égale à 1,11 fois la surface mesurée sur la surface du projecteur, en utilisant le diaphragme circulaire particulier décrit au paragraphe 6.3 et qui émet 90 % de la puissance acoustique moyenne.

3.4 L'intensité acoustique moyenne des ultrasons émise par un projecteur ultrasonore est le quotient de la puissance acoustique moyenne par la surface émettrice utile. Elle s'exprime en watts par centimètre carré ( $W/cm^2$ ).

## TESTING AND CALIBRATION OF ULTRASONIC THERAPEUTIC EQUIPMENT

### 1. Scope and purpose

1.1 These recommendations apply to apparatus designed for therapeutic use. Such apparatus consists of a generator of high-frequency electric energy and a transducer, usually a disk of piezo-electric material, for converting this to ultrasound.

The transducer is housed in a holder designed for local radiation of the ultrasound to the human body. The transducer and associated parts with their housing are known as the treatment head.

1.2 These recommendations provide suitable methods for calibrating the intensity and distribution of the ultrasonic beam produced by this apparatus and should enable both manufacturers and supervising agencies to provide proper labelling as set forth herein.

1.3 These recommendations relate only to ultrasonic therapeutic equipment employing plane circular transducers in accordance with present practice. If future developments should lead to other acceptable transducers, appropriate provisions will be added to these recommendations.

1.4 These recommendations relate only to physical characteristics of the apparatus. Therapeutic value and methods of use are not considered.

### 2. Terminology

The acoustical and electrical terminology of the International Electrotechnical Vocabulary shall be used wherever possible.

### 3. Acoustic characteristics

3.1 The ultrasonic output waves produced may be continuous (c.w.) or modulated. Modulation may be sinusoidal, pulsed or may be that resulting from full or half wave rectification. When the modulation is less than 25 per cent, the wave will be considered continuous.

*Note.* — The degree of modulation is the quotient of the difference and the sum of the maximum and minimum pressure amplitudes of the wave.

3.2 The effective acoustic power output of a treatment head is the time average of the acoustic power, radiated by the treatment head in the forward direction into an approximately free field in water, under standard conditions (Clause 6). It is expressed in watts.

3.3 The effective radiating area of a treatment head is 1.11 times the area, measured at the treatment head face and using a particular circular baffle chosen to transmit 90 per cent of the effective acoustic power as described in Sub-clause 6.3.

3.4 The effective intensity of ultrasound radiated from a treatment head is the quotient of the effective acoustic power output and the effective radiating area. It is expressed in watts per square centimetre ( $\text{W}/\text{cm}^2$ ).

3.5 L'intensité maximale d'un projecteur ultrasonore est prise, par convention, égale à  $4/\pi$  fois la moyenne, dans le temps, de la puissance acoustique (pour le réglage maximal des commandes de la puissance débitée) mesurée au voisinage du centre de la surface du projecteur, en utilisant un diaphragme circulaire ayant un diamètre de 1 cm.

#### 4. Dispositifs de sécurité et organes de réglage

4.1 Un appareil de contrôle indiquant la puissance acoustique moyenne définie au paragraphe 3.2 ou l'intensité acoustique moyenne définie au paragraphe 3.4, ou les deux, doit être prévu sur le générateur, sous la forme d'un appareil de mesure ou d'un dispositif étalonné pour le réglage du débit.

4.2 Les normes relatives à la sécurité doivent être appliquées en ce qui concerne le fonctionnement des générateurs d'ultrasons à usage thérapeutique.

#### 5. Tolérances

5.1 L'appareil de contrôle mentionné au paragraphe 4.1 doit indiquer la puissance acoustique moyenne ou l'intensité acoustique moyenne, ou les deux, avec une précision de  $\pm 15\%$  si la puissance fournie est supérieure à 50 % de la valeur maximale et de  $\pm 20\%$  si la puissance fournie est comprise entre 10 % et 50 % de la valeur maximale.

5.2 Pendant 5 heures de fonctionnement continu, à la puissance maximale, dans de l'eau à  $30 \pm 3^\circ\text{C}$ , sous la tension d'alimentation nominale, la puissance acoustique doit rester constante à  $\pm 15\%$  par rapport à sa valeur initiale. Si le générateur est pourvu d'un appareil de mesure indiquant soit la puissance débitée, soit l'intensité débitée, cette tolérance peut être augmentée de  $\pm 15\%$  à  $\pm 20\%$  après les 30 premières minutes de fonctionnement.

5.3 La puissance acoustique ne doit pas varier de plus de  $\pm 10\%$  pour une variation de la tension du réseau d'alimentation de  $\pm 5\%$ . Il n'est pas admis de correction manuelle du réglage de l'appareil pour satisfaire à cette prescription.

5.4 La fréquence réelle ne doit pas différer de plus de  $\pm 5\%$  de la fréquence nominale.

5.5 Les essais de vérification des prescriptions des paragraphes 5.1, 5.2 et 5.3 sont effectués après une immersion du projecteur pendant 48 heures dans de l'eau de ville, à une profondeur de 50 cm.

5.6 La température de la face d'application du projecteur ne doit pas dépasser  $45^\circ\text{C}$  après 10 minutes de fonctionnement (pour le réglage maximal des organes de commande de la puissance) dans de l'huile de transformateur à une température initiale de  $30^\circ\text{C}$ . Le volume d'huile ne doit pas être inférieur à 2 litres et celle-ci ne doit pas être agitée ou brassée par un moyen extérieur. La température peut être mesurée au moyen d'un petit thermocouple fixé au centre de la face d'application du projecteur.

5.7 La valeur de la surface émettrice ne doit pas s'écarter de plus de  $\pm 10\%$  de la valeur nominale.

5.8 La valeur de l'intensité maximale ne doit pas s'écarter de plus de  $\pm 10\%$  de la valeur nominale. Le centre de l'écran de 1 cm de diamètre où l'on trouve le maximum réel d'intensité ne doit pas être situé à plus de 1 cm du centre de la face d'application du projecteur.

5.9 Le quotient de l'intensité maximale par l'intensité effective ne doit pas être supérieur à 2.

3.5 The maximum intensity of a treatment head is, by convention,  $4/\pi$  times the time average of the acoustic power (at maximum setting of the output controls) measured near the centre of the treatment head face and using a circular baffle, of 1 cm diameter.

#### 4. Safety and control features

4.1 A meter indicating effective acoustic power output (as defined in Sub-clause 3.2) or effective intensity (as defined in Sub-clause 3.4) or both, shall be provided on the generator in the form of a meter or calibrated output control device.

4.2 Ultrasonic therapeutic equipment shall conform to the appropriate standards for safety of operation.

#### 5. Tolerances

5.1 The output meter or control device specified in Sub-clause 4.1 shall indicate the effective acoustic power, or the effective acoustic intensity, or both, with an accuracy of  $\pm 15\%$  when the output is greater than 50% of the maximum and  $\pm 20\%$  when the output is between 10% and 50% of the maximum.

5.2 During five hours of continuous operation, at maximum output and at rated supply line voltage, in water at  $30 \pm 3^\circ\text{C}$ , the acoustic output shall remain constant within  $\pm 15\%$  of its initial value. If the apparatus is provided with a power indicating meter, this variation may increase from  $\pm 15\%$  to  $\pm 20\%$  after the first 30 minutes of operation.

5.3 The acoustic power shall not vary more than  $\pm 10\%$  for variations of supply line voltage of  $\pm 5\%$ . No manual readjustment of the apparatus for compliance with this requirement is permitted.

5.4 The actual frequency shall not differ more than  $\pm 5\%$  from the nominal frequency.

5.5 Tests for compliance with Sub-clauses 5.1, 5.2 and 5.3 shall be conducted after the treatment head has been immersed in tap water to a depth of 50 cm for a period of 48 hours.

5.6 The temperature of the treatment head face shall not exceed  $45^\circ\text{C}$  during a 10 minute radiation (at maximum setting of the output controls) in transformer oil having an initial temperature of  $30^\circ\text{C}$ . The volume of oil shall be at least two litres, and shall not be agitated or stirred by external means. The temperature may be measured with a small thermocouple attached to the centre of the treatment head face.

5.7 The effective radiating area shall be kept within  $\pm 10\%$  of the rated value.

5.8 The maximum intensity shall be kept within  $\pm 10\%$  of the rated value. The centre of the 1 cm diameter baffle, at which the actual maximum intensity is found, shall lie within 1 cm of the centre of the treatment head.

5.9 The quotient of the maximum and the effective intensity shall not exceed two.

## 6. Méthodes d'étalonnage

6.1 Toutes les mesures doivent être exécutées en faisant fonctionner le projecteur ultrasonore dans un champ pratiquement libre, dans l'eau, dans des conditions définies, c'est-à-dire dans de l'eau dégazée, à  $30 \pm 3^\circ\text{C}$ , et dans des conditions telles qu'aucune cavitation ne se produise.

6.2 Il est recommandé de déterminer la puissance acoustique moyenne par la méthode de la pression de radiation.

6.3 La surface émettrice utile d'un projecteur plan, définie au paragraphe 3.3, doit être déterminée en utilisant les écrans circulaires employés pour la mesure de la puissance acoustique moyenne. On recherche l'écran (par interpolation, si cela est nécessaire) qui laisse passer 90 % de la puissance mesurée en l'absence de tout écran.

La surface de cet écran, multipliée par 1,11, donne la surface émettrice utile.

6.3.1 Les écrans doivent avoir une forme annulaire, les surfaces intérieures et extérieures étant coniques, comme indiqué sur la figure 1, page 12. La matière constituant les écrans et leur conception doivent assurer une isolation acoustique telle que l'intensité acoustique transmise à travers les écrans soit au plus égale à 3 % de celle de l'onde acoustique incidente.

L'écran est limité du côté faisant face au projecteur par le cercle d'intersection des cônes intérieur et extérieur; le diamètre de ce cercle détermine la surface de l'écran. L'autre extrémité de l'écran (base) doit avoir un diamètre extérieur supérieur aux diamètres des surfaces émettrices des projecteurs à essayer.

Les écrans doivent être centrés sur la face du projecteur ultrasonore, de façon que la distance entre le bord circulaire de chaque écran et la face du projecteur soit  $\leq \lambda$ .

Il doit être prévu un jeu d'écrans de diamètres successifs de valeur décroissante par échelons de 5 %, en partant du diamètre de la face du projecteur ultrasonore. Le nombre d'écrans nécessaires dépend du type de projecteur et doit être suffisant pour réduire la puissance à environ 70 % de celle émise en l'absence de tout écran. En outre, un écran de 1 cm de diamètre est nécessaire pour déterminer l'intensité maximale.

## 7. Marquage

7.1 Les générateurs d'ultrasons à usage thérapeutique doivent porter une plaque d'identité signalétique fixée de façon permanente, portant les indications suivantes :

- a) fréquence ultrasonore, en mégahertz,
- b) puissance acoustique moyenne, en watts, pour le réglage des organes de commande au maximum,
- c) intensité acoustique moyenne, en watts par centimètre carré, pour le réglage des organes de commande au maximum,
- d) forme d'onde (entretenue, modulée ou pulsée).

7.1.1 L'intensité maximale doit être indiquée dans la notice jointe.

7.1.2 Si l'onde est modulée ou pulsée, la notice descriptive accompagnant l'appareil doit indiquer la forme d'onde, le facteur de forme et la fréquence de répétition.

7.2 La surface émettrice utile du projecteur doit être marquée sur sa monture (en centimètres carrés).

## 6. Calibration procedures

6.1 All measurements shall be made with the treatment head operating into an approximately free field in water under standard conditions, i.e. degassed, at  $30 \pm 3^\circ\text{C}$ , and under conditions such that no cavitation occurs.

6.2 The effective acoustic power output of a plane treatment head is preferably determined by the radiation pressure method.

6.3 The effective radiating area of a plane treatment head, as defined in Sub-clause 3.3, shall be determined by the use of circular baffles and by measurements of the effective acoustic power output. That baffle is found (by interpolation if necessary) which transmits 90% of the power measured without any baffle. This baffle area is then multiplied by 1.11 to obtain the effective radiating area.

6.3.1 The baffles shall consist of rings whose inner and outer surfaces are conical, as shown in Figure 1, page 13. The constituent material and design shall be such as to provide a degree of acoustic insulation ensuring that the sound intensity transmitted through the baffle wall does not exceed 3% of the incident intensity.

The baffle is bounded at the end which faces the treatment head by the circular intersection of the inner and outer cone, and the diameter of this circle determines the baffle area. The other end of the baffle (the base) shall have an outer diameter larger than the diameter of the radiating area of the treatment head to be tested.

The baffles shall be centred on the face of the treatment head in such a way that the distance between the circular edge of each baffle and the face of the treatment head face is  $\leq \lambda$ .

A set of baffles shall be provided of diminishing diameters in steps of 5%, starting from the diameter of the face of the treatment head. The number of baffles required depends on the type of treatment head and should be sufficient to reduce the transmitted power to about 70% of that produced without baffle. In addition, a baffle of 1 cm diameter is needed to determine the maximum intensity.

## 7. Labelling

7.1 Ultrasonic therapeutic equipment shall carry a nameplate, permanently attached, on which the following information shall be given:

- a) frequency of ultrasound in megahertz (megacycles per second),
- b) effective acoustic power output in watts at maximum setting of output controls,
- c) effective intensity in watts per square centimetre, at maximum setting of output controls,
- d) wave form (continuous, modulated or pulsed).

7.1.1 The maximum intensity shall be indicated in the accompanying papers.

7.1.2 If modulated or pulsed, the output waveform, duty factor, and repetition rate shall be indicated in descriptive literature accompanying the equipment.

7.2 The effective radiating area of the treatment head (in square centimetres) shall be marked on its housing.

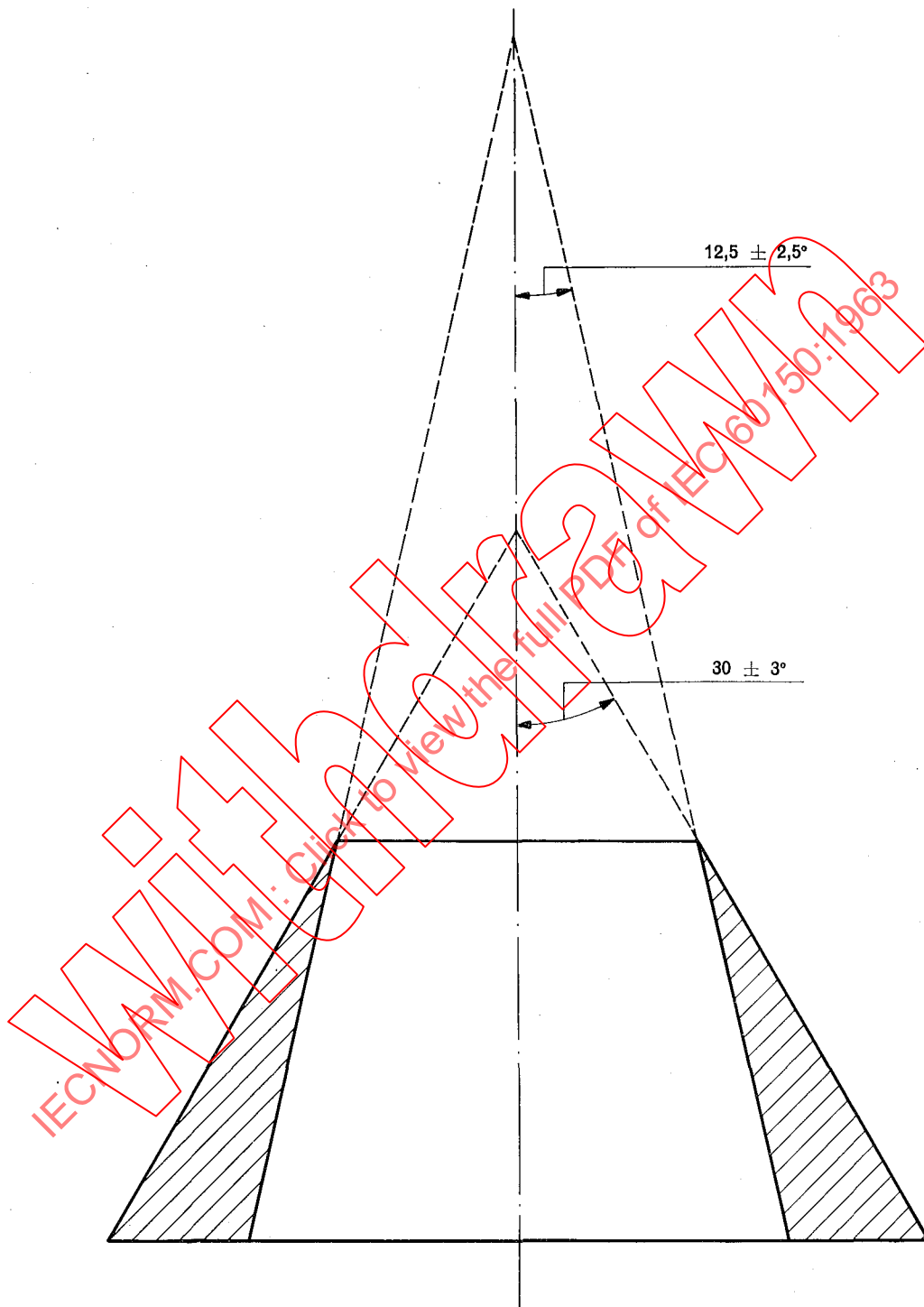


FIG. 1. — Ecran circulaire (section diamétrale)

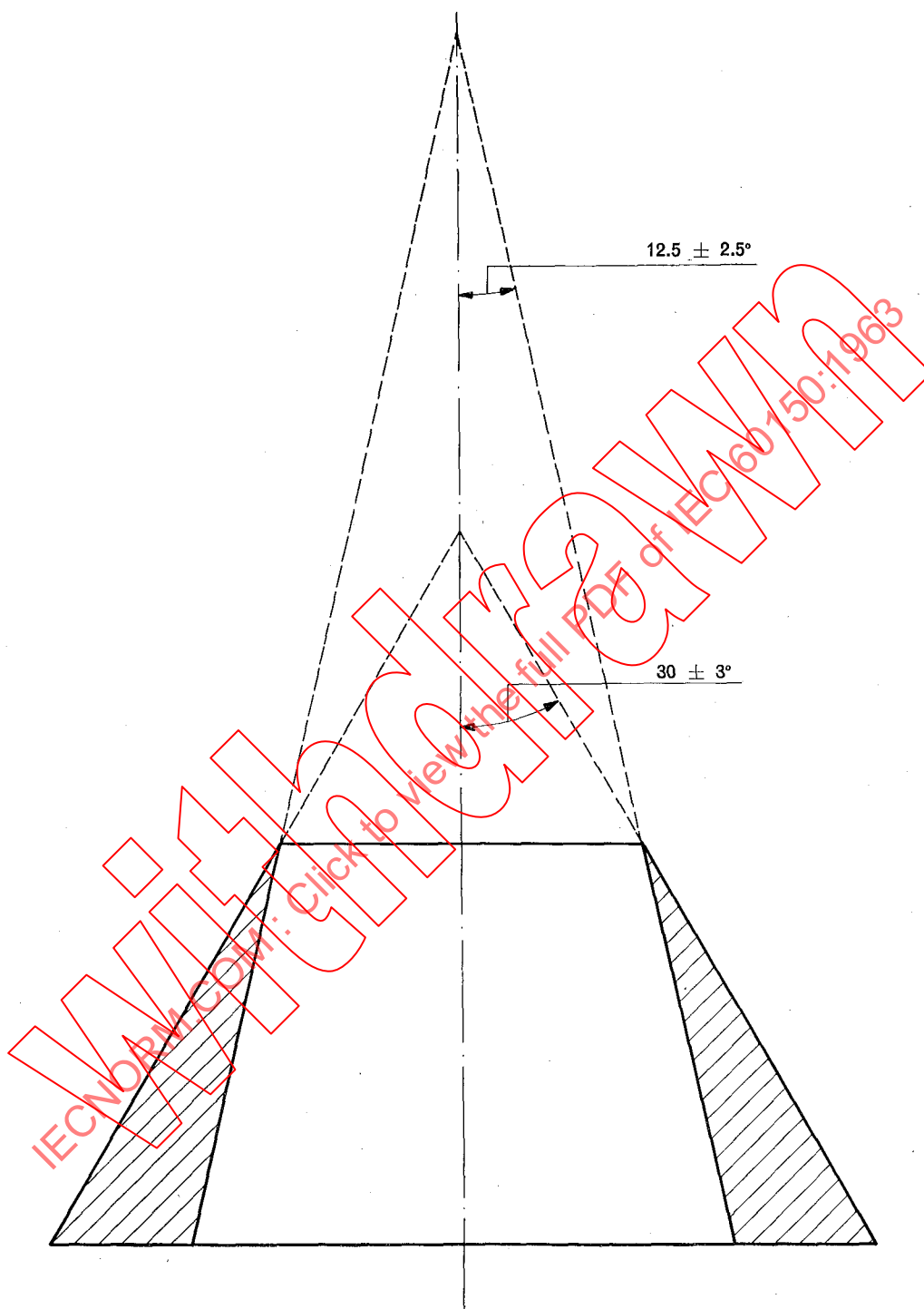


FIG. 1. — Circular baffle (cross-section through a diameter)

## ANNEXE

### TECHNIQUE DES MESURES

A.1 Il est possible d'obtenir des conditions de champ pratiquement libre en utilisant des écrans et des matières de revêtement convenables (par exemple: bourre de crin de cheval caoutchouté), des cuves de dimensions et de forme appropriées, etc.

A.2 Le dégazage de l'eau doit être effectué par ébullition pendant 15 minutes à la pression atmosphérique, ou en la plaçant sous pression réduite (30 mm de mercure au plus) pendant 3 heures. Le dégazage doit être effectué au moins une fois pendant les 12 heures précédant chaque série d'essais, à moins que des mesures particulières ne soient prises pour la conservation de l'eau. En tout cas, le plus grand soin doit être pris pendant toutes les mesures en vue de réduire la redissolution de l'air dans l'eau.

A.3 La cavitation peut être évitée en dégazant l'eau et en maintenant l'intensité ultrasonore au-dessous de celle qui produit la cavitation. Cette dernière méthode peut rendre nécessaire une extrapolation pour le calcul des caractéristiques de débit maximal. Il est, dans ce cas, nécessaire d'admettre que l'extrapolation peut être justifiée.

A.4 Les mesures de pression de radiation doivent être faites en utilisant un élément sensible ayant une intersurface réfléchissante et de faible densité (par exemple, feuille métallique mince en contact avec l'air), disposé de façon à éviter la formation d'ondes stationnaires. Un cône ou un prisme, de demi-angle au sommet égal à 45°, convient à cet usage. Le réflecteur doit être suffisamment grand pour intercepter le faisceau entier et son point le plus proche doit être placé à une distance de la face du projecteur comprise entre une fois et trois fois le diamètre du transducteur.

A.5 Il est préférable d'utiliser, soit un dispositif de mesure de radiation compensé, c'est-à-dire avec lequel les mesures s'effectuent non pas en se basant sur le déplacement de l'élément sensible mais sur la force qu'il est nécessaire d'appliquer pour le ramener à sa position initiale, soit des dispositifs dans lesquels l'élément sensible se déplace parallèlement à lui-même sous un angle constant par rapport à la direction de l'émission des ultrasons. Par exemple, on peut utiliser un ressort de torsion ou un flotteur. L'amortissement du système de mesure doit être suffisant pour intégrer les modulations du rayonnement. L'étalonnage doit être fait à l'aide de poids étalons.

La puissance acoustique moyenne débitée en watts est :

$$W = \frac{F \cdot c}{2 \cos^2 A}$$

où :

$F$  est la force exercée par le faisceau acoustique sur le réflecteur, suivant l'axe du faisceau,

$c$  est la vitesse du son dans l'eau,

$A$  est l'angle entre la normale à la surface réfléchissante et l'axe du faisceau.

Les unités M.K.S.A. pour la puissance, la force et la vitesse sont le watt, le newton et le mètre par seconde.

Dans le système c.g.s., ces unités sont respectivement l'erg par seconde, la dyne et le centimètre par seconde.

La valeur de  $c$ , à 30°C, peut être prise égale à 1 510 m/s (151 000 cm/s).

Dans le cas où le coefficient de réflexion de l'intersurface réfléchissante diffère notablement de l'unité, le coefficient 2 doit être remplacé au dénominateur de la formule par  $(1 + r)$ , où  $r$  est le coefficient de réflexion acoustique énergétique. Si la force  $F$  est mesurée normalement à la surface réfléchissante, le dénominateur contient  $\cos A$  au lieu de  $\cos^2 A$ .

*Note.* — Pour un des moyens d'obtenir cette formule, voir la Bibliographie, page 16 point 9.

## APPENDIX

### TECHNIQUE OF MEASUREMENTS

A.1 Approximate free field conditions may be obtained by the use of suitable baffles, lining materials (e.g. rubberized horsehair upholstery batting), size and shape of tank, etc.

A.2 Degassing of water shall be accomplished by boiling for 15 minutes at atmospheric pressure, or by subjecting to a reduced pressure of not more than 30 mm of mercury for 3 hours. Degassing shall be carried out at least once within the 12 hours' period preceding each set of measurements unless special storage methods are used. In any case, care shall be taken throughout all procedures to minimize re-solution of air in the water.

A.3 Cavitation may be avoided by degassing the water and by keeping the ultrasound intensity below that which produces cavitation. This latter procedure may occasionally require an extrapolation in calculating maximum output characteristics. It is then necessary to assume that extrapolation is justifiable.

A.4 Radiation pressure measurements shall be made using a sensitive element which has a light-weight reflecting interface (viz. thin metal foil backed by air) so arranged as to avoid standing waves. A cone or prism of 45° half-angle is convenient. The reflector shall be large enough to intercept the entire beam and its nearest point shall be placed between one and three transducer diameters from the treatment head face.

A.5 It is preferable either to use compensating radiation meters, that is radiation meters with which the measurements are made not on the basis of the displacement of a sensitive part, but of the force required to return it to the initial state, or to use devices in which the sensitive part is displaced in a direction parallel to itself, and remains at a constant angle with respect to the direction of ultrasonic emission. For example, a torsional spring or a float may be used. Damping of the measuring system must be sufficient to integrate the modulations of the radiation. The calibration shall be by means of standard weights. The effective acoustic power output, in watts, is

$$W = \frac{F \cdot c}{2 \cos^2 A}$$

where:

$F$  is the force exerted by the sound beam on the reflector along the beam axis,

$c$  is the velocity of sound in water,

$A$  is the angle between the normal to the reflecting surface and the beam axis.

The units for power, force and velocity are: watts, newtons and metres per second in the M.K.S.A. system and ergs per second, dynes and centimetres per second in the c.g.s. system.

The numerical value of  $c$  at 30°C may be taken as 1 510 m/s or 151 000 cm/s.

When the reflection coefficient of the reflecting interface differs significantly from unity, the factor 2 in the denominator in the formula must be replaced by  $(1 + r)$  where  $r$  is the intensity reflection coefficient. If the force  $F$  is measured normal to the reflector, the denominator contains  $\cos A$  instead of  $\cos^2 A$ .

*Note.* — For a derivation of this formula, see Bibliography on page 17, item 9.