

RAPPORT TECHNIQUE TECHNICAL REPORT

**CEI
IEC
533**

Première édition
First edition
1977

**Compatibilité électromagnétique
des installations électriques et électroniques
à bord des navires**

**Electromagnetic compatibility
of electrical and electronic installations
in ships**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 533: 1977

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 auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)*, qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique;*
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles;*
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas;*

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale.*

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

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 from the IEC Central Office.

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

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*, which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology;*
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets;*
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams;*

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice.*

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

RAPPORT TECHNIQUE TECHNICAL REPORT

**CEI
IEC
533**

Première édition
First edition
1977

**Compatibilité électromagnétique
des installations électriques et électroniques
à bord des navires**

**Electromagnetic compatibility
of electrical and electronic installations
in ships**

© CEI 1977 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 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

X

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	6
PRÉFACE	6
 Articles	
1. Domaine d'application	10
2. Objet	10
3. Documents internationaux applicables	10
 CHAPITRE I: RÈGLES PRATIQUES, MÉTHODES DE MESURE, PRESCRIPTIONS	
4. Types d'installation	14
 SECTION UN — RÈGLES PRATIQUES ET PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES	
5. Principes généraux d'antiparasitage	14
6. Règles relatives à l'installation	14
7. Règles relatives à la construction du navire	16
 SECTION DEUX — RÈGLES RELATIVES AUX INSTALLATIONS DU GROUPE A	
8. Considérations générales	18
9. Règles pratiques	20
10. Limites admissibles	22
 SECTION TROIS — RÈGLES RELATIVES AUX INSTALLATIONS DU GROUPE B	
11. Considérations générales	24
12. Règles pratiques	24
13. Limites admissibles	26
 SECTION QUATRE — RÈGLES RELATIVES AUX INSTALLATIONS DU GROUPE C	
14. Considérations générales	28
15. Règles pratiques	28
16. Limites admissibles	28
 SECTION CINQ — RÈGLES RELATIVES AUX INSTALLATIONS DU GROUPE D	
17. Considérations générales	30
18. Règles pratiques	30
19. Limites admissibles	30
 SECTION SIX — RÈGLES RELATIVES AUX INSTALLATIONS DU GROUPE E	
20. Considérations générales	32
21. Règles pratiques	32
22. Limites admissibles	36
 SECTION SEPT — MÉTHODES DE MESURE ET TECHNIQUES ANTIPARASITES	
23. Tension perturbatrice aux bornes; courants perturbateurs	38
24. Facteur de découplage d'antenne entre le réseau d'alimentation et l'installation de réception radioélectrique	40
25. Insensibilité aux brouillages	40
26. Règles pour l'antiparasitage	44
27. Règles pour améliorer l'insensibilité du matériel aux brouillages	44

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
PREFACE	7
 Clause	
1. Scope	11
2. Object	11
3. Relevant international documents	11
 CHAPTER I: CODE OF PRACTICE, METHODS OF MEASUREMENT AND REQUIREMENTS	
4. Types of installation	15
 SECTION ONE — GENERAL CODE OF PRACTICE AND REQUIREMENTS	
5. General principles of interference suppression	15
6. Measures relating to the installation	15
7. Measures relating to the ship's structure	17
 SECTION TWO — MEASURES RELATING TO INSTALLATIONS OF GROUP A	
8. General	19
9. Code of practice	21
10. Installation limits	23
 SECTION THREE — MEASURES RELATING TO INSTALLATIONS OF GROUP B	
11. General	25
12. Code of practice	25
13. Installation limits	27
 SECTION FOUR — MEASURES RELATING TO INSTALLATIONS OF GROUP C	
14. General	29
15. Code of practice	29
16. Installation limits	29
 SECTION FIVE — MEASURES RELATING TO INSTALLATIONS OF GROUP D	
17. General	31
18. Code of practice	31
19. Installation limits	31
 SECTION SIX — MEASURES RELATING TO INSTALLATIONS OF GROUP E	
20. General	33
21. Code of practice	33
22. Installation limits	37
 SECTION SEVEN — METHODS OF MEASUREMENT AND SUPPRESSION TECHNIQUES	
23. Terminal interference voltages and currents	39
24. Aerial (antenna) decoupling factor between the mains network and the radio receiving installations	41
25. Immunity to interference	41
26. Suppression measures	45
27. Measures to improve the immunity of equipment to interference	45

SECTION HUIT — GÉNÉRALITÉS

28. Domaine d'application	46
29. Objet	46
30. Définition	46

SECTION NEUF — PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

31. Conditions de fonctionnement	48
32. Bornes et raccordements	48
33. Connexions internes	48
34. Lignes de fuite et distance d'isolement dans l'air	48
35. Tensions nominales	50
36. Domaines nominaux de températures	50
37. Catégories d'essais	50

SECTION DIX — PRESCRIPTIONS SPÉCIALES POUR LES CONDENSATEURS

38. Généralités	50
39. Essais individuels de série	52
40. Essais de type	52

SECTION ONZE — PRESCRIPTIONS SPÉCIALES POUR LES INDUCTANCES

41. Généralités	58
42. Essais individuels de série	60
43. Essais de type	62

SECTION DOUZE — PRESCRIPTIONS SPÉCIALES POUR LES FILTRES

44. Généralités	66
45. Essais individuels de série	68
46. Essais de type	68

SECTION TREIZE — PRESCRIPTIONS POUR COUPE-CIRCUIT À FUSIBLES DE CONDENSATEURS

47. Généralités	72
---------------------------	----

FIGURES	76
-------------------	----

CHAPTER II: VITAL INTERFERENCE SUPPRESSION COMPONENTS

SECTION EIGHT — GENERAL

28. Scope	47
29. Object	47
30. Definition	47

SECTION NINE — GENERAL REQUIREMENTS

31. Operating conditions	49
32. Terminals and terminal connections	49
33. Internal connections	49
34. Creepage distances and air clearances	49
35. Nominal voltages	51
36. Nominal rated temperature ranges	51
37. Classes of test	51

SECTION TEN — SPECIAL REQUIREMENTS FOR CAPACITORS

38. General	51
39. Routine tests	53
40. Type tests	53

SECTION ELEVEN — SPECIAL REQUIREMENTS FOR INDUCTORS

41. General	59
42. Routine tests	61
43. Type tests	63

SECTION TWELVE — REQUIREMENTS FOR FILTERS

44. General	67
45. Routine tests	69
46. Type tests	69

SECTION THIRTEEN — REQUIREMENTS FOR FUSES USED FOR CAPACITORS

47. General	73
-----------------------	----

FIGURES	76
-------------------	----

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE DES INSTALLATIONS
ÉLECTRIQUES ET ÉLECTRONIQUES À BORD DES NAVIRES

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 Comité d'Etudes N° 18, Installations électriques à bord des navires.

Il est fondé sur la décision prise lors de la réunion de Munich en 1973 de combiner en une seule publication les documents existants sur la compatibilité électrique et électronique et sur les éléments d'antiparasitage.

Les travaux sur le chapitre I ont commencé lors de la réunion tenue à Leningrad en 1966. Le premier projet de ces trois sections a été discuté lors de la réunion tenue à Oslo en 1971. A l'issue de la réunion tenue à Munich en 1973, le projet, document 18(Bureau Central)450, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en juin 1974.

Les pays ci-après se sont prononcés explicitement en faveur du chapitre I, à l'exception de la section six:

Allemagne	Italie	Suède
Australie	Japon	Turquie
Belgique	Norvège	Union des Républiques
Canada	Pays-Bas	Socialistes Soviétiques
Danemark	Pologne	
Etats-Unis d'Amérique	Royaume-Uni	

Les travaux sur les mesures pour appareils du Groupe E ont commencé lors de la réunion tenue à Oslo en 1971. Des projets ont été discutés lors des réunions tenues à Munich en 1973. A l'issue de la réunion tenue à La Haye en 1975, le projet, document 18(Bureau Central)458, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en février 1976.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la section six uniquement:

Afrique du Sud (République d')	Egypte	Roumanie
Allemagne	Etats-Unis d'Amérique	Royaume-Uni
Australie	Japon	Suède
Belgique	Norvège	Turquie
Canada	Pays-Bas	
Danemark	Pologne	

Les travaux sur les éléments d'antiparasitage ont commencé lors de la réunion tenue à Bournemouth en 1962. Des projets du chapitre II ont été discutés lors des réunions tenues à Opatija en 1968 et à Washington en 1970. A l'issue de la réunion tenue à Munich en 1973, le projet, document 18(Bureau Central)449, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en mars 1974.

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

Allemagne	Etats-Unis d'Amérique	Pologne
Australie	Israël	Roumanie
Belgique	Japon	Royaume-Uni
Canada	Pays-Bas	Suède
Danemark	Norvège	Turquie

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF ELECTRICAL
AND ELECTRONIC INSTALLATIONS IN SHIPS**

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 Technical Committee No. 18, Electrical Installations in Ships.

This report is based on a decision taken at the meeting held in Munich in 1973 to combine existing documents on electric and electronic compatibility and on interference suppression components in one publication.

Work on Chapter I was begun at the meeting held in Leningrad in 1966. The first draft of these three sections was discussed at the meeting held in Oslo in 1971. Following the meeting held in Munich in 1973, the draft, Document 18(Central Office)450, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in June 1974.

The following countries voted explicitly in favour of Chapter I, except Section Six:

Australia
Belgium
Canada
Denmark
Germany
Italy

Japan
Netherlands
Norway
Poland
Sweden
Turkey

Union of Soviet
Socialist Republics
United Kingdom
United States of America

Work on measures relating to Group E was begun at the meeting held in Oslo in 1971. Drafts were discussed at the meetings held in Munich in 1973. Following the meeting held in The Hague in 1975, the draft, Document 18(Central Office)458, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in February 1976.

The following countries voted explicitly in favour of Section Six only:

Australia
Belgium
Canada
Denmark
Egypt
Germany

Japan
Netherlands
Norway
Poland
Romania
South Africa (Republic of)

Sweden
Turkey
United Kingdom
United States of America

Work on interference suppression components was begun at the meeting held in Bournemouth in 1962. Drafts of Chapter II were discussed at the meetings held in Opatija in 1968 and in Washington in 1970. Following the meeting held in Munich in 1973, the draft, Document 18(Central Office)449, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in March 1974.

The following countries voted explicitly in favour of Chapter II:

Australia
Belgium
Canada
Denmark
Germany

Israel
Japan
Netherlands
Norway
Poland

Romania
Sweden
Turkey
United Kingdom
United States of America

Autres publications de la CEI citées dans le présent rapport:

- Publications n^{os} 68: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique.
- 76: Transformateurs de puissance.
- 85: Recommandations relatives à la classification des matières destinées à l'isolement des machines et appareils électriques en fonction de leur stabilité thermique en service.
- 92-1: Installations électriques à bord des navires, Première partie: Règles générales.
- 92-3: Troisième partie: Câbles (construction, essais et installations).
- 92-4: Quatrième partie: Appareillage, protection électrique, distribution et appareils de commande.
- 161: Condensateurs d'antiparasitage.
- 315-3: Méthodes pour les mesures sur les récepteurs radioélectriques pour diverses classes d'émission, Troisième partie: Mesures aux fréquences radioélectriques sur les récepteurs pour émissions à modulation d'amplitude.

Other IEC publications quoted in this report:

- Publications Nos. 68: Basic Environmental Testing Procedures.
76: Power Transformers.
85: Recommendations for the Classification of Materials for the Insulation of Electrical Machinery and Apparatus in Relation to their Thermal Stability in Service.
92-1: Electrical Installations in Ships, Part 1: General Requirements.
92-3: Part 3: Cables (Construction, Testing and Installations).
92-4: Part 4: Switchgear, Electrical Protection, Distribution and Controlgear.
161: Capacitors for Radio Interferences Suppression.
315-3: Methods of Measurement on Radio Receivers for Various Classes of Emission, Part 3: Radio-frequency Measurements on Receivers for Amplitude-modulated Emissions.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC TR 60533:1977

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE DES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES ET ÉLECTRONIQUES À BORD DES NAVIRES

1. Domaine d'application

Le présent rapport s'applique aux matériels d'installations électriques et électroniques à bord des navires. Le chapitre II s'applique plus particulièrement aux composants utilisés pour l'anti-parasitage dont la défaillance peut mettre gravement en danger la sécurité du navire. Il ne s'applique pas aux composants prévus pour l'utilisation des tensions supérieures à 500 V (courant continu ou alternatif) entre conducteurs, ou à 250 V (courant continu) ou 290 V (courant alternatif, valeur efficace) entre conducteur et masse. Il ne s'applique pas aux composants utilisés à des fréquences supérieures à 400 Hz.

2. Objet

Le présent rapport est un guide d'installation contenant des principes généraux et règles pratiques à observer pour obtenir un certain degré requis de compatibilité électromagnétique de 10 kHz à 30 MHz pour tout matériel électrique ou électronique prévu pour fonctionner dans l'environnement électromagnétique d'un navire. Il définit des méthodes normales de mesure et d'essai, et certaines prescriptions normales.

3. Documents internationaux applicables

- a) Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer, Londres, 1960, chapitre IV
- b) Règlement des Radiocommunications de l'Union Internationale des Télécommunications, Genève, 1968, R.R. 698
- c) Avis 428-1 du C.C.I.R. — Radiogoniométrie dans la bande des 2 MHz à bord des navires
- d) Publications 1, 2 et 3 du C.I.S.P.R.: Spécification de l'appareillage de mesure C.I.S.P.R. pour les fréquences comprises entre 0,15 MHz et 30 MHz, 25 MHz et 300 MHz, et 10 kHz et 150 kHz
- e) Publication 92-3 de la CEI: Installations électriques à bord des navires, Troisième partie: Câbles, Section deux: Spécifications d'essais
- f) Publication 315-3 de la CEI: Méthodes pour les mesures sur les récepteurs radioélectriques pour diverses classes d'émissions, Troisième partie: Mesures aux fréquences radioélectriques sur les récepteurs pour émissions à modulation d'amplitude
- g) Publication 161 de la CEI: Condensateurs d'antiparasitage
- h) Publication 68 de la CEI: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique
- i) Publication 76 de la CEI: Transformateurs de puissance

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC INSTALLATIONS IN SHIPS

1. Scope

This report applies to electrical and electronic equipment and installations in ships. Chapter II applies more specifically to interference suppression components whose failure could endanger the safety of the ship. It does not apply to components intended for use at voltages exceeding 500 V (d.c. or a.c.) between conductors, or 250 V (d.c.) or 290 V (a.c., r.m.s.) between one conductor and earth. It does not apply to components intended for use at frequencies exceeding 400 Hz.

2. Object

This report is an installation guide containing general principles and practical installation measures to be taken in order to obtain a certain required grade of electromagnetic compatibility from 10 kHz to 30 MHz, for all electrical and electronic equipment intended to operate in a ship's electromagnetic environment. It lays down standard methods for measurement and testing, and certain standard requirements.

3. Relevant international documents

- a) International Convention for the Safety of Life at Sea, London, 1960, Chapter IV
- b) Radio Regulations of the International Telecommunication Union, Geneva, 1968, R.R. 698
- c) C.C.I.R. Recommendation 428-1: Direction-finding in the 2 MHz Band on Board Ships
- d) C.I.S.P.R. Publications 1, 2 and 3: Specification for C.I.S.P.R. Radio Interference Measuring Apparatus for Frequency Ranges 0.15 MHz to 30 MHz, 25 MHz to 300 MHz, and 10 kHz to 150 kHz
- e) IEC Publication 92-3: Electrical Installations in Ships, Part 3: Cables—Section Two: Testing Specifications
- f) IEC Publication 315-3: Methods of Measurement on Radio Receivers for Various Classes of Emission, Part 3: Radio-frequency Measurement on Receivers for Amplitude-modulated Emissions
- g) IEC Publication 161: Capacitors for Radio Interference Suppression
- h) IEC Publication 68: Basic Environmental Testing Procedures
- i) IEC Publication 76: Power Transformers

j) Publication 85 de la CEI:

Recommandations relatives à la classification des matières destinées à l'isolement de machines et appareils électriques en fonction de leur stabilité thermique en service

k) Publication 92-4 de la CEI:

Installations électriques à bord des navires, Quatrième Partie: Appareillage, protection électrique, distribution et appareils de commande. Modification n° 1: Chapitre XIII: Protection électrique

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC TR 60533:1977

j) IEC Publication 85:

Recommendations for the Classification of Materials for the Insulation of Electrical Machinery and Apparatus in Relation to their Thermal Stability in Service

k) IEC Publication 92-4:

Electrical Installations in Ships—Part 4: Switchgear, Electrical Protection, Distribution and Controlgear. Amendment No. 1: Chapter XIII: Electrical Protection

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC TR 60533:1977

CHAPITRE I: RÈGLES PRATIQUES, MÉTHODES DE MESURE, PRESCRIPTIONS

4. Types d'installation

La classification ci-après répartit les installations en cinq groupes, chacun étant sensible aux brouillages électromagnétiques ou capable d'en produire.

Groupe A

Installations de radiocommunications, de radiorepérage, de radionavigation, de distribution de programmes de télévision, fonctionnant avec des signaux radioélectriques à bande étroite ou sinusoïdaux.

Groupe B

Installations de redresseurs à semi-conducteurs, de transformation d'énergie, génératrices, machines de pont, appareils électrodomestiques et appareils à éclairage fluorescent, produisant des tensions de brouillage à bande large et à spectre continu.

Groupe C

Installations de radiodétection et de sonar fonctionnant par impulsions.

Groupe D

Appareillage électrique, installations de gouvernail, gyrocompas, appareils de navigation, thermostats de cuisine et installations de chauffage, produisant des tensions et des courants transitoires.

Groupe E

Circuit de commande et de régulation utilisant des techniques analogiques ou numériques.

SECTION UN — RÈGLES PRATIQUES ET PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

5. Principes généraux d'antiparasitage

L'antiparasitage est la suppression ou la réduction, à un niveau acceptable, de l'énergie électromagnétique de brouillage, au moyen de dispositifs de suppression et de précautions d'installation.

Les limites admissibles des perturbations spécifiées à l'article 16 supposent que des précautions convenables ont été prises pour protéger les équipements sensibles contre les effets des brouillages.

L'énergie de brouillage *transmise par conduction* est affaiblie par un antiparasitage aux bornes d'alimentation de l'équipement qui produit les brouillages.

L'énergie de brouillage *transmise par rayonnement* est affaiblie par blindage et mise à la masse à la source, par blindage des câbles et, dans certains cas, par blindage complet de l'emplacement de la source de brouillage.

6. Règles relatives à l'installation

6.1 Réduction de l'énergie perturbatrice transmise par conduction

L'énergie de brouillage conduite se présente sous deux formes:

- i) sous forme de tensions de brouillage entre conducteurs;
- ii) sous forme de tensions de brouillage entre chaque conducteur et la masse.

CHAPTER I: CODE OF PRACTICE, METHODS OF MEASUREMENT AND REQUIREMENTS

4. Types of installation

The following classification divides installations into five groups, which are either susceptible to or capable of causing electromagnetic interference.

Group A

Radiocommunication, radio location, radio navigation and television distribution systems, operating with narrow band or sinusoidal radio-frequency (r.f.) voltages.

Group B

Semiconductor rectifier installations, power conversion plants, generating plants and deck machinery, household appliances and fluorescent lighting, producing broadband continuous spectrum-interference voltages.

Group C

Radar and sonar installations operating with pulse energy.

Group D

Switchgear and controlgear, automatic steering installations, gyrocompass navigational instruments, kitchen thermostats and heating plants, producing transient voltages and currents.

Group E

Automatic control circuits using analogue or digital techniques.

SECTION ONE — GENERAL CODE OF PRACTICE AND REQUIREMENTS

5. General principles of interference suppression

Interference (noise) suppression is the reduction of unwanted electromagnetic energy to an acceptable level by means of suppression components and installation measures.

The limits of interference specified in Clause 16 assume that the appropriate measures have been taken with sensitive equipment to protect them from the effects of interference.

Conducted interference energy is abated by suppression at the power supply terminals of the equipment generating the interference.

Radiated interference energy is abated by shielding and bonding measures at the interference source, by cable shielding and, in certain cases, by complete shielding of the interference source location.

6. Measures relating to the installation

6.1 Abatement of conducted interference energy

Conducted interference energy appears in two modes:

- i) as interference voltages between the conductors;
- ii) as interference voltages between each conductor and earth.

Des condensateurs spécialement conçus pour l'antiparasitage peuvent souvent donner un affaiblissement convenable de l'énergie de brouillage conduite. Si l'énergie perturbatrice est élevée, ou si l'impédance de la source de brouillage est faible, il peut être fait usage de bobines d'inductance combinées avec des condensateurs.

Des filtres passe-bas constitués par des réseaux d'inductances et de capacités en L, T ou π permettront, dans la plupart des cas, de réduire l'énergie de brouillage conduite à un niveau acceptable. Les effets d'énergie de brouillage conduite de niveau élevé à basse fréquence peuvent être diminués par l'utilisation de sources d'alimentation séparées pour les équipements qui produisent des brouillages et ceux qui y sont sensibles.

6.2 Réduction de l'énergie perturbatrice transmise par rayonnement

La réduction de l'énergie perturbatrice rayonnée exige des procédés d'espacement du matériel et de blindage de ce dernier, de blindage des câbles et, en cas de champs élevés, de blindage de l'emplacement de la source et des passages de câbles associés.

6.3 Règles de sécurité

Tous les composants antiparasites utilisés à bord des navires doivent être conformes aux spécifications normales figurant dans la section applicable de ce rapport.

Leur construction doit garantir que la sécurité du personnel et du navire n'est pas mise en danger et doit assurer que le bon fonctionnement et la fiabilité de tous les dispositifs électriques essentiels ne sont pas altérés.

6.4 Règles de construction

Dès les premiers stades de la conception du matériel, il convient de se préoccuper des problèmes possibles de brouillage.

6.5 Blindage des câbles

Sauf indication contraire, le blindage des câbles doit consister:

- soit en un tube rigide ou semi-rigide d'acier, d'aluminium, de cuivre ou de plomb,
- soit en une tresse symétrique ou asymétrique de cuivre ou d'acier ayant une densité de recouvrement d'au moins 90% du poids d'un cylindre qui serait fait du même métal avec un diamètre intérieur égal au diamètre intérieur de la tresse et une épaisseur égale à celle d'un des fils qui constituent celle-ci.

7. Règles relatives à la construction du navire

7.1 Généralités

Les champs électromagnétiques rayonnés par les émetteurs radioélectriques peuvent donner lieu à des étincelles et à des effets non linéaires au niveau de jointures imparfaites des superstructures du navire (par exemple étais, haubans, drisses, etc.). L'imperfection des jointures est due à la corrosion qui crée des trajets à caractéristiques non linéaires.

7.2 Mode de construction

La continuité électrique de toutes les parties métalliques de la coque ou des superstructures du navire est toujours suffisante dans le cas de constructions soudées ou rivées.

Capacitors specifically designed for suppression purposes can often provide adequate attenuation of conducted interference energy. In cases where the interference energy is high, or the interference source impedance is low, combinations of inductors and capacitors can be used.

Low-pass filters comprising inductor-capacitor networks having L, T or π -configurations will, in most cases, reduce the conducted interference energy to an acceptable level. The effects of high level conducted interference energy at low frequencies can be alleviated by using separate power supplies for interference-producing and interference-sensitive equipment.

6.2 *Abatement of radiated interference energy*

The abatement of the radiated interference energy requires measures in the spacing and shielding of equipment, shielding of cables and, in cases of high radiation intensity, shielding of the interference source location and associated cable runs.

6.3 *Safety requirements*

All interference suppression components used on board ship should conform to the standard specifications of the relevant section of this report.

They should be of such a construction that the safety of personnel and of the ship is not endangered and should ensure that the performance and reliability of all vital electrical services will not be degraded.

6.4 *Construction requirements*

Consideration shall be given to possible interference problems at an early stage of the design of equipment.

6.5 *Screening of cables*

Unless otherwise stated, screening of cables shall consist of:

- either a copper, aluminium, lead or a steel rigid or semi-rigid tube,
- or a symmetric or asymmetric copper or steel braid of at least 90% coverage by weight of a tube consisting of the same metal, having an internal diameter equal to the internal diameter of the braid and a thickness equal to the diameter of one of the wires forming the braid.

7. *Measures relating to the ship's structure*

7.1 *General*

Electromagnetic fields emitted by radio transmitters can cause sparking and non-linear effects at imperfect joints of the ship's superstructure (e.g. stays, shrouds, wires, etc.). The imperfection of joints is caused by corrosion which provides non-linear transmission paths.

7.2 *Construction*

The electrical continuity of all metal parts of the ship's hull or superstructure is always sufficient in the case of welded or riveted constructions.

Pour les constructions d'aluminium, cependant, le soudo-brasage est préféré.

Les superstructures d'aluminium des navires à coque en acier devront être reliées à cette coque aussi souvent que possible, et au moins tous les deux mètres.

7.3 *Isolation ou mise à la masse*

- a) Tout le gréement doit être, soit isolé, soit relié à la charpente du navire en fonction des considérations suivantes:

Les étais soumis à une tension élevée, tels que les haubans de la mâture et des cheminées, surtout dans le cas des étais sur les ponts des navires-citernes, doivent être reliés à la masse. On doit mettre directement à la masse un point voisin de l'extrémité inférieure et de l'extrémité supérieure de ces étais, de préférence au moyen d'un conducteur de cuivre protégé contre la corrosion et assez épais pour résister aux contraintes mécaniques.

- b) L'isolation des étais doit être appliquée au voisinage du cadre mobile du radiogoniomètre. L'isolation doit également être employée de préférence à la mise à la masse chaque fois que possible car elle est plus fiable, et exige moins d'entretien.

7.4 *Blindage des compartiments*

Des locaux blindés peuvent être parfois nécessaires (par exemple les locaux radioélectriques). Ces locaux doivent être conçus conformément à ce qui suit:

- a) Tous les plafonds, planchers, cloisons et portes doivent former une surface conductrice continue. La résistance au courant continu entre deux points quelconques de cette surface ne doit pas dépasser $0,01 \Omega$.
- b) Tous les conduits, tuyaux, tiges métalliques et blindages de câbles, etc., pénétrant dans le local, doivent être mis à la masse à leur point de pénétration.
- c) Des dispositions doivent être prises pour la mise sous enveloppe des filtres antiparasites éventuels.

7.5 *Mise à la masse des enceintes, boîtiers et coffrets métalliques*

Lorsque des précautions de mise à la masse sont nécessaires, la connexion de masse doit être aussi courte que possible, en étant directement reliée à la charpente du navire et en offrant une basse impédance aux fréquences radioélectriques. Une basse impédance aux fréquences radioélectriques peut être assurée au mieux par des bandes métalliques larges. Chaque matériel doit avoir sa propre connexion de masse distincte. Les points de raccordement doivent être soigneusement nettoyés en mettant à nu le métal qui doit être protégé de façon réglementaire après montage.

SECTION DEUX — RÈGLES RELATIVES AUX INSTALLATIONS DU GROUPE A

8. *Considérations générales*

Les parasites industriels rayonnés affectant les antennes de réception peuvent nuire au bon fonctionnement des récepteurs par:

- a) une distorsion du signal reçu;
- b) une réduction de la sensibilité due au fonctionnement des circuits de commande automatique de gain du récepteur.

For aluminium constructions, however, welding is preferred.

Aluminium superstructures of steel ships should be bonded to the steel hull of the ship as often as practicable and at least every two metres.

7.3 *Insulation or bonding*

- a) All rigging should either be insulated from or bonded to the ship's structure in accordance with the following considerations:

Stays which are subject to considerable tension, such as mast shrouds and funnel stays, especially in the case of stays on tanker decks, should be bonded. A point near the lower and upper ends of such stays should be solidly earthed, preferably by means of a copper conductor, protected against corrosion and thick enough to withstand mechanical stress.

- b) Insulation of stays should be used in the vicinity of the direction-finder loop antenna (aerial). It should also be used where possible in preference to bonding, as it is more reliable and reduces the need for maintenance.

7.4 *Screening of compartments*

Screened rooms may be necessary in certain cases (e.g. radio rooms). They should fulfil the following requirements.

- a) All bulkheads, floors, deckheads and doors should form a continuous electrical conducting surface. The d.c. resistance between any two points on the surface shall not exceed the value of 0.01Ω .
- b) All conduits, pipes, metallic rods and cable screens, etc., entering the room shall be bonded at their point of penetration.
- c) Provision should be made for the housing of suppression filters if necessary.

7.5 *Earthing of metallic cabins and cases*

When earthing measures are necessary, the earth connection shall be as short as possible, connected directly to the ship's structure and of low r.f. impedance. Low r.f. impedance can best be provided by use of broad metallic straps. Each equipment shall have its own separate earth connection. The connection points should be thoroughly cleaned down to the bare metal which should be protected in an approved manner after assembly.

SECTION TWO — MEASURES RELATING TO INSTALLATIONS OF GROUP A

8. **General**

Radiated man-made interference energy affecting receiver aerials (antennas) can degrade the performance of radio receivers by:

- a) distorting the received signal;
- b) reducing sensitivity due to operation of the receiver automatic gain control circuits.

Les signaux des émetteurs radioélectriques peuvent nuire au bon fonctionnement de l'équipement électrique et électronique.

9. Règles pratiques

9.1 *Local radioélectrique*

Le local radioélectrique doit être situé conformément aux règles formulées dans la Convention SVHM, Londres, 1960, Règles 8(a) et 14(a), chapitre IV. Le blindage de la station radioélectrique peut être nécessaire si ce local n'est pas intégré à la charpente métallique du navire.

Les installations de câbles dans le local radioélectrique ou à proximité doivent être conformes aux prescriptions du paragraphe 11.12 de la Publication 92-3 de la CEI, chapitre XI, section deux.

9.2 *Emplacement des émetteurs radioélectriques*

Les émetteurs radioélectriques doivent être installés de façon que les lignes d'alimentation d'antenne entre la sortie de l'émetteur et l'isolateur de descente d'antenne soient aussi courtes que possible. A moins qu'il ne faille l'éviter pour d'autres raisons, le blindage de la ligne d'alimentation d'antenne de l'émetteur dans le local radioélectrique est une mesure propre à réduire le rayonnement radioélectrique dans ce local.

9.3 *Mise à la masse des émetteurs radioélectriques*

La mise à la masse des émetteurs radioélectriques exige des soins particuliers afin d'éviter un couplage intempestif vers les récepteurs radioélectriques et autres installations sensibles aux fréquences radioélectriques. Les enceintes des émetteurs en ondes hectométriques et décamétriques exigent une liaison électrique fréquente et de bonne qualité avec la masse métallique du navire. Cela peut être facilement assuré par un boulonnage direct de l'enceinte sur la structure métallique ou en doublant les amortisseurs de bandes métalliques minces.

9.4 *Mise à la masse du matériel*

Tout matériel radioélectrique doit comporter sa propre connexion de masse.

L'utilisation d'une barre omnibus n'est pas recommandée car cela peut susciter des effets de couplage parasite par impédance commune.

9.5 *Disposition du câblage*

Pendant le fonctionnement des émetteurs, tous les câbles d'interconnexion de l'installation radioélectrique, y compris les câbles d'alimentation, peuvent être le siège d'importants courants à fréquence radioélectrique. Des précautions doivent donc être prises pour limiter les perturbations éventuelles dans les équipements voisins sensibles aux fréquences radioélectriques. L'utilisation dans les installations de câbles blindés convenablement mis à la masse est une précaution propre à réduire ces effets.

9.6 *Mise à la masse des câbles blindés*

Pendant le fonctionnement des émetteurs, les blindages métalliques des câbles dans le local radioélectrique peuvent être le siège de courants élevés à fréquence radioélectrique.

Etant donné que la mise à la masse satisfaisante des blindages métalliques est importante, cette liaison sera effectuée de préférence au moyen de presse-étoupe pour permettre une mise à la masse simple et fiable du blindage du câble d'alimentation (par exemple au moyen d'éléments coniques).

Radio transmitter signals can also impair the correct functioning of the electrical and electronic equipment.

9. Code of practice

9.1 *Radio room*

The radio room shall be located in accordance with the requirements laid down in the SOLAS Convention, London, 1960, Regulations 8(a) and 14(a), Chapter IV. Screening of the radio room may be necessary if the radio room is not part of the ship's metallic structure.

Cable installation in or near the radio room shall comply with the requirements of Sub-clause 11.12 of IEC Publication 92-3, Chapter XI, Section Two.

9.2 *Siting of radio transmitters*

Radio transmitters should be so installed that the aerial (antenna) feeders between transmitter output and the lead-in insulator are as short as possible. If not precluded by other considerations, metallic screening of the aerial (antenna) feeder of the transmitter in the radio room is a good measure to reduce radiation of r.f. energy in the room.

9.3 *Earthing of radio transmitters*

Bonding of radio transmitters requires special attention in order to avoid unwanted coupling to radio receivers and other r.f. sensitive installations. The cabinets of MF and HF transmitters need frequent and good electrical bonding to the ship's metallic structure. This can be easily provided by direct bolting of the cabinet to the metallic foundation or by bridging the shock-absorbers with thin metallic straps.

9.4 *Earthing of equipment*

Each radio equipment shall have its own individual earth connection.

The use of a busbar is not recommended as this can lead to unwanted common-mode coupling effects.

9.5 *Layout of cabling*

During transmitter operation, all interconnecting cables of the radio installation including power supply cables can carry large r.f. currents, and precautions should be taken to reduce possible disturbances to adjacent r.f. sensitive equipment. The use of properly bonded screened cables in the radio installations is a good measure to reduce these effects.

9.6 *Bonding of the screened cables*

During transmitter operation, the metallic screens of cables in the radio room can carry high r.f. currents.

As proper bonding of the metallic screens of the cables is important, the bonding should preferably be carried out by use of cable glands designed to allow simple and reliable bonding of the cable screen (e.g. by means of conical inserts).

9.7 Antennes et lignes d'alimentation d'antenne

- a) Toutes les antennes, tant d'émission que de réception, doivent être à bonne distance des superstructures métalliques verticales du navire.

Les antennes d'émission doivent être éloignées des antennes de réception et du cadre du radiogoniomètre.

Pour un fonctionnement correct à des fréquences voisines de 2 MHz, il peut être nécessaire d'installer le cadre du radiogoniomètre à la hauteur maximale au-dessus de la passerelle.

Note. — L'utilisation de lignes d'alimentation blindées entre les émetteurs et leurs antennes est une bonne précaution pour améliorer le fonctionnement d'ensemble ainsi que la compatibilité électromagnétique.

- b) Toutes les lignes d'alimentation des antennes de réception doivent être blindées métalliquement sur toute leur longueur. Dans certains cas spéciaux, les lignes d'alimentation du type coaxial doivent être à double blindage ou doivent passer par des conduits métalliques sans joint.

9.8 Découplage de l'installation radioélectrique par rapport à d'autres installations électroniques

- a) L'installation radioélectrique engendre un champ électromagnétique intense à partir des antennes d'émission. Ce champ peut influencer toutes les installations électroniques et les câbles sur le pont supérieur, surtout à proximité des antennes d'émission.

Le matériel électronique sensible aux fréquences radioélectriques et les câbles posés sur le pont supérieur doivent donc être blindés de façon adéquate.

- b) Un couplage entre l'installation radioélectrique et l'installation électrique peut exister par l'intermédiaire d'un réseau d'alimentation commun. On peut améliorer le découplage entre les deux installations par l'utilisation d'un transformateur d'isolation avec un écran métallique mis à la masse entre les enroulements dans le cas d'alimentation en courant alternatif, ou par l'utilisation d'un convertisseur rotatif à enroulements séparés dans le cas d'alimentation en courant continu.

- c) Lorsque le local radioélectrique est du type blindé, l'antiparasitage au point de sortie de tous les câbles desservant le local offre un degré de découplage plus poussé.

9.9 Communications internes

Pour les systèmes de communications internes et de diffusion sonore destinés à transmettre des informations vocales et la reproduction sonore, on doit utiliser des câbles blindés à paires torsadées pour les circuits de signaux à faible niveau (microphones). Eviter les câbles à plusieurs conducteurs à disposition non torsadée. Les câbles doivent comporter une gaine externe isolante.

Le blindage métallique des câbles doit être mis à la masse à une extrémité seulement (généralement du côté de l'amplificateur) afin d'éviter la formation de boucles inductives. Cette règle est tout à fait à l'opposé des règles fixées pour les circuits de puissance où il faut mettre à la masse les deux extrémités du blindage des câbles.

10. Limites admissibles

10.1 Limites pour les tensions parasites à fréquence radioélectrique dans l'installation électrique des navires

La tension parasite à fréquence radioélectrique et mesurée aux bornes d'alimentation de l'émetteur radioélectrique ne doit pas dépasser :

10 mV soit 80 dB(μ V)

à la fréquence de la porteuse et des harmoniques dans la bande des fréquences comprises entre 150 kHz et 30 MHz*.

* Ces valeurs peuvent être sujettes à modifications si des exigences pratiques motivent l'adoption de limites différentes.

9.7 Aerials (antennas) and aerial (antenna) feeders

- a) All transmitting and receiving aerials (antennas) should be erected well away from the ship's vertical metallic structure.

Transmitting aerials (antennas) must be separated from receiving aerials (antennas) and the direction-finding loop.

Satisfactory performance at 2 MHz frequencies may require the siting of the direction-finding loop as high as possible above the bridge.

Note. — The use of screened aerial (antenna) feeders between transmitters and their aerials (antennas) is a good measure to improve overall performance and electromagnetic compatibility.

- b) All receiving aerial (antenna) feeders should be metal-screened over their complete length. In special cases, coaxial types of aerial (antenna) feeders should be of double-screened construction or should run in seamless metallic conduits.

9.8 Decoupling of the radio transmitter from other electronic installations

- a) The radio installation radiates high power r.f. energy via the associated transmitting aerials (antennas) which can influence all electronic installations and cable runs on the upper deck, especially in the vicinity of the transmitting aerials (antennas).

R.F. sensitive electronic equipment and cables installed on the upper deck should therefore be adequately screened.

- b) Coupling between the radio and the electrical installations can exist via a common mains supply. Improved decoupling between the two installations can be achieved by means of an isolating transformer with earthed metallic screens between the windings in the case of a.c. supplies, or, by use of a rotary convertor with separate windings in the case of d.c. supplies.

- c) When the radio room is of the screened type, interference suppression at the point of outlet on all cables leaving the radio room provides a higher degree of decoupling.

9.9 Internal communication

For internal communication systems and public address systems for conveying voice information and sound reproduction, screened cables with twisted pairs should be used in low level (microphone) signal circuits. The use of cables containing multiple cores not laid up in twisted pair formation should be avoided. The cables should have a non-conductive outer sheathing.

The metallic screen of the cables should be earthed at one end only (usually the amplifier end) in order to avoid the forming of inductive loops. This measure is quite the opposite to the requirements given for power circuits, where earthing at both ends of the cable is necessary.

10. Installation limits

10.1 Limits of unwanted r.f. voltages in ships' electrical installations

The unwanted r.f. voltage measured at the power supply terminals of the radio transmitter at the carrier and the harmonic frequencies should not exceed:

$$10 \text{ mV or } 80 \text{ dB}(\mu\text{V})$$

in the frequency range of 150 kHz to 30 MHz*.

* These figures may be subject to modification if practical requirements deviate from given values.

La tension parasite à fréquence radioélectrique doit être mesurée suivant la méthode indiquée au paragraphe 23.3, en un point spécifié à l'extérieur du local radioélectrique, pendant que chaque émetteur radioélectrique, fonctionnant de 0,15 MHz à 30 MHz, émet à sa pleine puissance, chacun à son tour. Raccorder toutefois la sortie d'antenne de l'émetteur considéré à une antenne fictive non rayonnante, afin d'éviter toute induction sur les câbles due à l'énergie radioélectrique rayonnée.

10.2 Limites de l'affaiblissement de couplage

D'après les valeurs admissibles du champ perturbateur et en supposant présente la tension perturbatrice maximale indiquée au paragraphe 13.1 sur le réseau d'alimentation, l'affaiblissement dû au couplage entre le réseau d'alimentation et une antenne de référence d'une longueur active de 1 m doit être au moins de 70 dB, mesuré de 30 kHz à 30 MHz par la méthode indiquée à l'article 24.

10.3 Limites de l'insensibilité au brouillage des récepteurs par le réseau

Les récepteurs radioélectriques navals doivent être suffisamment protégés contre une détérioration de leur fonctionnement, due aux perturbations pénétrant dans le récepteur par les câbles de raccordement au réseau.

L'insensibilité M au brouillage par le réseau est définie par l'expression:

$$M = 20 \log_{10} \frac{\text{tension de brouillage injectée du réseau}}{\text{tension du signal d'entrée}}$$

pour la même puissance de sortie du récepteur, et doit avoir une valeur minimale de 70 dB * mesurée pour toutes les fréquences de la plage (voir la section onze de la Publication 315-3 de la CEI).

Au besoin, le récepteur peut être muni d'un filtre antiparasite supplémentaire dans les connexions au réseau. Dans ce cas, l'insensibilité au brouillage par le réseau sera celle de l'ensemble constitué par le récepteur et son filtre.

SECTION TROIS — RÈGLES RELATIVES AUX INSTALLATIONS DU GROUPE B

11. Considérations générales

Une partie des sources de brouillage à bande large comprend les moteurs à collecteur pour courant continu et courant alternatif. Une autre partie, d'importance croissante, est constituée par les systèmes de redressement et de régulation à semi-conducteurs pour la commande et l'alimentation de moteurs, génératrices, etc., en courant continu.

Les systèmes à semi-conducteurs peuvent engendrer des brouillages particulièrement importants, au-dessous de 300 kHz environ.

12. Règles pratiques

L'élimination des circuits de retour par la coque permet de réduire efficacement la dissémination des signaux brouilleurs. Ne pas utiliser, en principe, des câbles unipolaires dans les circuits de puissance. Utiliser de préférence des câbles multipolaires torsadés, afin de réduire les brouillages magnétiques.

* Ces valeurs peuvent être sujettes à modification si des exigences pratiques motivent l'adoption de limites différentes.

The unwanted r.f. voltage shall be measured in accordance with the method given in Sub-clause 23.3 at a specified point outside the radio room when sequentially each of the radio transmitters working in the frequency range 0.15 MHz to 30 MHz transmits successively at full power. The aerial (antenna) output of the transmitter concerned shall, however, be connected to a non-radiating dummy aerial (antenna) in order to avoid any induction of the cables by radiated r.f. energy.

10.2 *Limits of coupling attenuation*

According to permissible interference field strength values and assuming the maximum mains interference voltage specified in Sub-clause 13.1, the coupling attenuation between the mains network and a reference aerial (antenna) of 1 m effective length should have a minimum value of 70 dB measured in the 30 kHz to 30 MHz frequency range by the method given in Clause 24.

10.3 *Limits of mains-interference immunity for receivers*

Ships' radio receivers should be adequately protected against impairment of their performance caused by interference energy entering the receiver via the mains leads.

The mains immunity M is defined as

$$M = 20 \log_{10} \frac{\text{mains-injected interference voltage}}{\text{input signal voltage}}$$

both signals producing an equal receiver output. Its minimum value should be 70 dB * over the entire frequency range (see Section Eleven of IEC Publication 315-3).

The receiver can be fitted with an additional mains suppression filter if necessary, and in this case, the mains interference immunity figures apply to the receiver-filter combination.

SECTION THREE — MEASURES RELATING TO INSTALLATIONS OF GROUP B

11. **General**

Part of the equipment generating broadband interference energy includes a.c. and d.c. commutator motors; another part of this group of increasing importance consists of semiconductor rectifier installations and regulating systems designed to drive and control d.c. motors, generators, etc.

Semiconductor systems in particular can generate high levels of interference in the frequency ranges below about 300 kHz.

12. **Code of practice**

The avoidance of hull-return circuits is a good measure to effectively reduce the distribution of interference energy. Single-core cables should not be used in power circuits. Preference should be given to twisted multicore cables in order to reduce magnetic interference.

* These figures may be subject to modification if practical requirements deviate from given values.

Dans les cas où l'on doit utiliser des câbles unipolaires, ces derniers doivent être disposés aussi près que possible les uns des autres, conformément aux prescriptions figurant dans les articles 11, 12b, 12c et 12d de la Publication 92-3 de la CEI.

Les câbles de puissance doivent être disposés aussi près que possible de la coque métallique du navire ou des cloisons, à l'exception des câbles transportant des courants supérieurs à 250 A pour lesquels des règles particulières figurent au paragraphe 11.25 de la Publication 92-3 de la CEI.

Les conducteurs aller et retour des équipements alimentés par le réseau doivent être accolés et suivre le même chemin. Il n'est pas nécessaire que les câbles de puissance soient blindés, mais le blindage est préférable dans les cas suivants :

- à l'extérieur sur le pont;
- à proximité du local radioélectrique;
- dans les installations comportant une commande à thyristors dans la centrale de bord.

Le blindage des câbles de puissance doit être mis à la masse aussi souvent que possible et au moins à chaque extrémité.

Tous les coffrets et machines contenant des composants et des circuits de commutation à semi-conducteurs feront l'objet de soins particuliers. Les circuits à courant forts ne permettent pas, en général, l'insertion d'inductances. Utiliser alors des câbles de puissance blindés. Appliquer l'antiparasitage à tout le câblage extérieur en liaison avec la source de signaux brouilleurs. Prendre des précautions lors de l'antiparasitage des circuits de commande à semi-conducteurs pour éviter d'altérer leur bon fonctionnement.

13. Limites admissibles

13.1 Limites pour la tension perturbatrice aux bornes du réseau (figure 1, page 76)

Les limites admissibles de la tension perturbatrice diffèrent selon que le brouillage est à bande étroite ou à bande large.

a) Tensions perturbatrices à bande étroite 10 kHz-30 MHz

De 100 dB(μ V) à 10 kHz décroissant linéairement jusqu'à 60 dB(μ V) à 1 MHz et 60 dB(μ V) entre 1 MHz et 30 MHz.

(A mesurer au moyen d'un voltmètre à fréquence radioélectrique sélectif étalonné.)

b) Tensions perturbatrices à bande large 10 kHz-150 kHz

De 90 dB(μ V) à 10 kHz décroissant linéairement jusqu'à 56 dB(μ V) à 150 kHz *.

c) Tensions perturbatrices à bande large 150 kHz-30 MHz

De 76 dB(μ V) à 150 kHz décroissant linéairement jusqu'à 60 dB(μ V) à 1 MHz, et 60 dB(μ V) entre 1 MHz et 30 MHz **.

Mesurer les tensions de brouillage aux bornes selon les paragraphes 23.2 et 23.3.

13.2 Limites pour le courant perturbateur dans les câbles du réseau (figure 1)

Les limites admissibles du courant perturbateur diffèrent selon que le brouillage est à bande étroite ou à bande large.

* A mesurer au moyen d'un détecteur de quasi-crête ayant une largeur de bande de 200 Hz.

** A mesurer au moyen d'un détecteur de quasi-crête ayant une largeur de bande de 9 kHz.

In cases where single-core cables have to be used, the cables are to be laid as close as possible to each other, in compliance with the requirements given in Clauses 11, 12b, 12c and 12d of IEC Publication 92-3.

Power cables should run as close as possible to the metallic hull or bulkhead, excepting cables carrying currents above 250 A, for which special requirements are given in Sub-clause 11.25 of IEC Publication 92-3.

Mains supplied equipment should have the lead and return supply wires run together along the same route. Power cables need not be screened, but screening is advisable in the following cases:

- on the open deck;
- in the vicinity of the radio room;
- in ships installations using thyristor control in the power plant.

The screens of power cables should be earthed as often as possible and at least at each end.

Careful attention should be given to all those enclosures and machines which contain semiconductor components and switching circuits. High-current circuits do not, in general, allow the insertion of inductors and in these cases screened power cables should be used. All external wiring connected to the interference source should be included in the interference suppression measures. Care should be taken when applying suppression to semiconductor control circuits to avoid degrading the performance of the circuits.

13. Installation limits

13.1 Limits of the interference voltage at the mains terminals (Figure 1, page 76)

The permitted levels of interference voltage are different for narrowband and broadband interference.

a) Narrowband interference voltage 10 kHz-30 MHz

From 100 dB(μ V) at 10 kHz, decreasing continuously to 60 dB(μ V) at 1 MHz and 60 dB(μ V) between 1 MHz and 30 MHz.

(To be measured by a calibrated selected r.f. voltmeter.)

b) Broadband interference voltage 10 kHz-150 kHz

From 90 dB(μ V) at 10 kHz, decreasing continuously to 56 dB(μ V) at 150 kHz*.

c) Broadband interference voltage 150 kHz-30 MHz

From 76 dB(μ V) at 150 kHz, decreasing continuously to 60 dB(μ V) at 1 MHz and 60 dB(μ V) between 1 MHz and 30 MHz**.

The terminal interference voltages shall be measured as described in Sub-clauses 23.2 and 23.3.

13.2 Limits of the interference current at the mains cables (Figure 1)

The permitted levels of interference current are different for narrowband and broadband interference.

* To be measured by a quasi-peak detector having a bandwidth of 200 Hz.

** To be measured by a quasi-peak detector having a bandwidth of 9 kHz.

a) *Courants à bande étroite 10 kHz-30 MHz*

De 90 dB(μ A) à 10 kHz décroissant linéairement jusqu'à 17 dB(μ A) à 1 MHz, et 17 dB(μ A) entre 1 MHz et 30 MHz.

(A mesurer au moyen d'une sonde de courant pour fréquences radioélectriques étalonnée.)

b) *Courants à bande large de 10 kHz-150 kHz*

De 70 dB(μ A) à 10 kHz décroissant linéairement jusqu'à 26 dB(μ A) à 150 kHz *.

c) *Courants à bande large de 150 kHz-30 MHz*

De 46 dB(μ A) à 150 kHz décroissant linéairement jusqu'à 17 dB(μ A) à 1 MHz, et 17 dB(μ A) entre 1 MHz et 30 MHz **.

Mesurer les courants perturbateurs selon le paragraphe 23.4.

13.3 *Limites de l'affaiblissement de couplage*

Se reporter aux règles du paragraphe 10.2.

13.4 *Limites de l'insensibilité aux signaux brouilleurs transitoires*

L'équipement de commande à semi-conducteurs doit être capable de supporter des transitoires induits symétriquement et asymétriquement, conformément à l'essai décrit dans le paragraphe 25.5.

SECTION QUATRE — RÈGLES RELATIVES AUX INSTALLATIONS DU GROUPE C

14. **Considérations générales**

Les équipements de radiodétection et de sonar émettent des impulsions d'énergie électriques. Ces impulsions peuvent donner naissance à des brouillages dans d'autres installations. Inversement, ces équipements sont eux-mêmes sensibles aux brouillages.

15. **Règles pratiques**

De grandes précautions doivent être prises pour séparer les câbles porteurs d'impulsions des câbles associés à d'autres installations. La longueur des guides d'ondes ou des lignes d'alimentation dans les installations de radiodétection doit être maintenue aussi courte que possible.

Une mise à la masse adéquate de tout le matériel y compris le guide d'ondes est indispensable pour réduire les brouillages mutuels entre les installations de radiodétection et de radiocommunications.

Les câbles porteurs d'impulsions doivent être blindés; l'utilisation de tubes protecteurs d'acier ou de câbles à double blindage est préférable dans les installations de sonar.

16. **Limites admissibles**

16.1 *Limites de tension perturbatrice aux bornes et de courants de brouillage*

Se reporter aux règles de l'article 13.

* A mesurer au moyen d'un détecteur de quasi-crête ayant une largeur de bande de 200 Hz.

** A mesurer au moyen d'un détecteur de quasi-crête ayant une largeur de bande de 9 kHz.

a) *Narrowband interference current 10 kHz-30 MHz*

From 90 dB(μ A) at 10 kHz, decreasing continuously to 17 dB(μ A) at 1 MHz, and 17 dB(μ A) between 1 MHz and 30 MHz.

(To be measured by a calibrated r.f. current probe.)

b) *Broadband interference current 10 kHz-150 kHz*

From 70 dB(μ A) at 10 kHz, decreasing continuously to 26 dB(μ A) at 150 kHz *.

c) *Broadband interference current 150 kHz-30 MHz*

From 46 dB(μ A) at 150 kHz, decreasing continuously to 17 dB(μ A) at 1 MHz, and 17 dB(μ A) between 1 MHz and 30 MHz **.

Interference currents shall be measured as described in Sub-clause 23.4.

13.3 *Limits of coupling attenuation*

Reference should be made to the requirements laid down in Sub-clause 10.2.

13.4 *Limits of immunity to transients*

Semiconductor control equipment shall be capable of withstanding symmetrically and asymmetrically induced transients, in compliance with the test described in Sub-clause 25.5.

SECTION FOUR — MEASURES RELATING TO INSTALLATIONS OF GROUP C

14. General

Radar and sonar equipment utilize electrical pulse energy. This pulse energy can give rise to interference in other installations; conversely the equipment itself is subject to interference.

15. Code of practice

Great care must be taken to separate pulse-carrying cables from cables associated with other installations. The length of waveguides or feeder cables in radar installations should be kept as short as possible.

Proper earthing of all equipment including the waveguide is an indispensable measure for reducing mutual interference between radar and radio installations.

Pulse-carrying cables should be shielded; the use of steel conduits or the use of double-screened cables is preferred in the case of sonar installations.

16. Installation limits

16.1 *Limits of terminal interference voltage and currents*

Reference should be made to the requirements laid down in Clause 13.

* To be measured by a quasi-peak detector having a bandwidth of 200 Hz.

** To be measured by a quasi-peak detector having a bandwidth of 9 kHz.

16.2 *Limites de l'affaiblissement de couplage*

Se reporter aux règles du paragraphe 10.2.

16.3 *Limites de l'insensibilité*

Les équipements de radiodétection et de sonar comportant des circuits sensibles aux brouillages doivent être protégés contre l'altération de leur bon fonctionnement due aux brouillages électromagnétiques. Les essais d'insensibilité aux brouillages doivent être effectués conformément à l'article 25. Des méthodes normales d'essai sont indiquées aux paragraphes 25.3 et 25.4.

SECTION CINQ — RÈGLES RELATIVES AUX INSTALLATIONS DU GROUPE D

17. **Considérations générales**

Cet article concerne les changements soudains du régime d'équilibre électrique dus à des manœuvres de commutation pouvant introduire des brouillages dans les équipements sensibles et affecter des circuits sensibles aux impulsions, comme les circuits de commande numérique et les équipements de télévision récréative.

18. **Règles pratiques**

- 18.1 En général, on peut négliger les transitoires faibles se produisant à intervalles irréguliers et peu fréquents. La commutation de circuits réactifs peut donner lieu à des transitoires de valeur de crête élevée, qui nécessitent des précautions d'antiparasitage appropriées. Les transitoires de grande amplitude peuvent être limités par l'utilisation de résistances non linéaires ou par d'autres procédés. L'antiparasitage à bande large peut être assuré par l'utilisation de filtres.
- 18.2 Les câbles porteurs de signaux des installations sensibles aux brouillages doivent comporter une gaine externe isolante afin d'éviter un couplage résistif avec la coque du navire aux basses fréquences. Utiliser de préférence des câbles à paires torsadées afin de réduire la diaphonie entre les différents circuits. Le blindage métallique des câbles doit être mis à la masse à une seule extrémité.
- 18.3 Éviter les fils de retour communs pour les câbles porteurs de signaux et les câbles de commande.
- 18.4 Les circuits de télécommunications ayant une différence moyenne de niveaux supérieure à 40 dB ne doivent pas faire partie du même câble.
- 18.5 La séparation des câbles porteurs de circuits sensibles aux perturbations est une mesure suffisante pour réduire les effets d'interférence.

19. **Limites admissibles**

19.1 *Limites des tensions et courants transitoires*

Ces limites ne peuvent être déterminées.

19.2 *Limites de l'insensibilité aux signaux brouilleurs transitoires*

L'appareillage, les appareils de mesure et les circuits numériques doivent être capables de supporter des transitoires induits symétriquement et asymétriquement, conformément à l'essai décrit au paragraphe 25.5.

16.2 *Limits of coupling attenuation*

Reference should be made to the requirements laid down in Sub-clause 10.2.

16.3 *Limits of immunity*

Radar and sonar equipment comprising interference-sensitive circuits should be protected against impairment of proper functioning caused by electromagnetic interference. Testing of the interference immunity should be carried out in compliance with Clause 25. Standard test procedures are indicated in Sub-clauses 25.3 and 25.4.

SECTION FIVE — MEASURES RELATING TO INSTALLATIONS OF GROUP D

17. **General**

This clause deals with sudden changes in the steady electrical state due to switching operations which can cause interference in sensitive equipment and circuits which are sensitive to pulses such as digital control circuits and television entertainment equipment.

18. **Code of practice**

- 18.1 In general, small transients occurring at irregular widely spaced intervals can be ignored. Switching of reactive circuits can provide high peak transients which need adequate abatement measures. Large transients should be controlled by use of non-linear resistors or other suitable measures. Broadband suppression can be provided by use of suitable filters.
- 18.2 Signal cables of interference-sensitive installations should have a non-conducting outer sheathing in order to prevent resistive coupling with the ship's hull at low frequencies. Preference is to be given to twisted pair cables in order to reduce crosstalk between the different circuits. The metallic screen of the cables should be earthed at one end only.
- 18.3 Common return wires in signal and control cables should be avoided.
- 18.4 Telecommunication circuits having a mean level difference of more than 40 dB should not run in the same cable.
- 18.5 Segregation of cables carrying interference-sensitive circuits is an adequate measure to reduce interference effects.

19. **Installation limits**

19.1 *Limits of transient voltages and currents*

These limits cannot be defined.

19.2 *Limits of immunity to transients*

Switchgear, instruments and digital circuits should be capable of withstanding symmetrically and asymmetrically induced transients, in compliance with the test described in Sub-clause 25.5.

SECTION SIX — RÈGLES RELATIVES AUX INSTALLATIONS DU GROUPE E

20. Considérations générales

Cet article concerne les systèmes de commande et d'acquisition de données qui transmettent des signaux analogiques et numériques entre des capteurs, des appareils de traitement, des appareils de commande et des matériels auxiliaires. On associe à ces systèmes les matériels produisant des perturbations comme les régulateurs à semi-conducteurs, la commande des moteurs, les relais, etc.; ces matériels sont mentionnés aux sections trois et cinq.

Le groupe principal comprend les matériels qui sont à la fois sensibles aux perturbations électriques et qui sont capables d'en produire.

21. Règles pratiques

21.1 Conception des systèmes

Afin de réduire, à la conception, les problèmes posés par la compatibilité électromagnétique des systèmes, on observera les prescriptions normales suivantes, si elles sont nécessaires pour permettre au matériel de satisfaire aux essais spécifiés aux articles 22 et 25, et si elles sont applicables.

- a) Le matériel doit être insensible aux signaux situés hors de la plage de fréquences assignée, c'est-à-dire qu'il faut utiliser la bande passante minimale qui répond aux exigences du système.
- b) Travailler de préférence avec des signaux de niveau élevé et avec de faibles vitesses d'échantillonnage, caractéristiques qui doivent être spécifiées chaque fois que les nécessités du système le permettent.
- c) Eviter de transmettre des signaux à bas niveau, ou élever ce niveau à l'aide de préamplificateurs placés au plus près des capteurs.
- d) Les circuits doivent être conçus pour présenter une impédance aussi basse que possible afin de réduire les effets de couplage capacitif entre câbles.
- e) Dans les navires, on peut avoir des transitoires occasionnels qui montent à des dizaines, voire à des centaines de volts pour des potentiels asymétriques ou de mode commun de 1-2 V. Les amplificateurs de mesure, et particulièrement ceux qui sont destinés à la mesure précise de signaux à bas niveau, doivent assurer une réjection convenable des couplages perturbateurs de ce genre.
- f) L'utilisation d'amplificateurs différentiels symétriques et d'anneaux de garde accroît la réjection des perturbations induites asymétriquement; envisager l'emploi de ces techniques.
- g) De préférence, les convertisseurs analogues/numériques doivent être du type à intégration.
- h) Les lignes à potentiel nul reliant les éléments d'un ensemble doivent être mises à la masse en un seul point. Ce point doit être accessible pour faciliter la recherche des contacts fortuits avec la masse. Si la mise à la masse en un point unique n'est pas faisable, des transformateurs ou des coupleurs optiques peuvent assurer l'isolement nécessaire entre les circuits.
- j) Etudier soigneusement la disposition du passage des câbles entre les matériels et à l'intérieur de ceux-ci avec mise en œuvre de procédés tels que séparation, torsadage et blindage.
- k) Si nécessaire, utiliser des transformateurs munis d'écrans à la terre entre noyau et enroulements et entre primaire et secondaire pour isoler les appareils des perturbations présentes dans l'alimentation électrique des navires.
- l) Eviter autant que possible d'utiliser des moteurs électriques dans les circuits de commande. Sinon, ils doivent être correctement antiparasités avant d'être montés dans le système.

SECTION SIX — MEASURES RELATING TO INSTALLATIONS OF GROUP E

20. General

This clause is concerned with data acquisition and control systems transmitting analogue and digital signals between sensors, processors, control and ancillary equipment. Associated with these systems are semiconductor switching, motor drives, relays and other interference-producing equipment, for which reference should be made to Sections Three and Five.

The main group comprises equipment which is both susceptible to and capable of generating electrical interference.

21. Code of practice

21.1 System design

To reduce electromagnetic compatibility problems, the following standard requirements in respect of system design shall be implemented where applicable and necessary to enable the equipment to withstand the tests specified in Clauses 22 and 25.

- a) Equipment should be insensitive to signals outside the designed frequency range, i.e. the minimum bandwidth consistent with system requirements should be used.
- b) High-level signal, low-speed sampling systems are preferred and should be specified whenever system requirements permit.
- c) Low-level signal transmission should be avoided or the signal level raised by preamplifiers located closely adjacent to the sensors.
- d) Circuits should be designed with as low an impedance as possible to reduce the effects of pick-up due to cable coupling.
- e) Asymmetric or common mode potentials typically 1-2 V with occasional transients of tens or even hundreds of volts can exist in ships. Measurement amplifiers, particularly those concerned with precise measurement of low-level signals, should have adequate rejection against this mode of interference coupling.
- f) Balanced differential amplifiers and guard-ring techniques significantly increase the rejection of asymmetrically induced interference and should be considered.
- g) Analogue-to-digital convertors should preferably be of the integrating type.
- h) Zero volt lines if run between equipment in a system should be earthed at one point only. This point should be accessible for ease of checking for fortuitous earths. In cases where single point earthing is impracticable, transformers or optical couplers can provide the necessary isolation between circuits.
- j) Cable runs between and within equipment should be carefully planned, and separation, twisting and screening techniques exploited.
- k) Transformers provided with earthed screens between core and nearest winding and between primaries and secondaries should be used if necessary to isolate equipment from interference present in the ship's power supplies.
- l) The use of electrical motors in control circuits should be minimized, but where their use is necessary they should be suitably suppressed prior to inclusion in the system.

- m) Les perturbations peuvent entrer dans un appareil ou en sortir par les lignes d'alimentation ou les passages de câble. Prendre des précautions suffisantes d'antiparasitage pour ces points d'entrée et de sortie.
- n) Le matériel de traitement peut émettre des perturbations inacceptables, et, à l'inverse, être sensible aux perturbations rayonnées à partir de sources locales, émetteurs du navire inclus. Prévoir si nécessaire un blindage dans de tels cas.

21.2 Précautions spéciales pour les amplificateurs de mesure

Dans une installation navale, les conducteurs de signal des amplificateurs de mesure sont soumis à des champs électriques et magnétiques provenant de sources locales de perturbations et dont la fréquence va des fréquences industrielles aux fréquences radioélectriques. Par suite, des potentiels asymétriques ou de mode commun peuvent être induits dans chaque conducteur d'une paire par rapport à celui de la structure métallique du navire. Dans un ensemble parfaitement équilibré, ces potentiels sont égaux en grandeur et en signe, et aucune différence de potentiel ne peut apparaître entre conducteurs, c'est-à-dire qu'il n'existe pas de composante symétrique ou de mode série. En pratique, il n'est pas facile d'assurer un équilibrage de ce genre sur l'étendue d'une plage de fréquences suffisamment large et la composante symétrique qui en résulte se trouve appliquée à l'entrée de l'amplificateur avec le signal de mesure. Il convient de prendre, au stade de l'étude, des mesures appropriées pour réduire les effets de ce type de perturbation à un niveau acceptable, par exemple prévoir un filtre.

Effectuer les essais spécifiés au paragraphe 22.2 pour vérifier que les mesures prises conviennent.

21.3 Installation des câbles

Si la configuration du circuit exclut l'emploi d'un antiparasitage approprié ou de contre-mesures spécifiques, le choix et l'installation des câbles doivent faire l'objet d'une attention particulière. Les prescriptions normales qui suivent sont tout à fait générales et doivent être observées selon les nécessités:

- a) Les paires de conducteurs qui véhiculent des signaux à bas niveaux aux fréquences acoustiques et supérieures doivent être torsadées à pas serré et blindées sur toute leur longueur. Les écrans doivent être continus au point de vue électrique, mis à la masse en un point unique et ne doivent jamais conduire de signal. Le point de mise à la masse doit être situé au niveau du capteur quand celui-ci est relié à la masse ou à l'appareil récepteur quand les capteurs sont montés en circuit flottant.
Pour éviter les couplages résistifs avec la coque du navire, une gaine isolante extérieure satisfaisant aux nécessités du milieu environnant doit envelopper l'écran.
- b) On peut faire une exception à la règle du point de masse unique quand la longueur du câble dépasse le huitième de la longueur d'onde du signal perturbateur. Il peut être nécessaire, dans ce cas, de mettre les deux extrémités de l'écran à la masse, les raccords à la masse étant effectués à l'extérieur des boîtiers, c'est-à-dire sans que l'écran pénètre à l'intérieur des boîtiers.
- c) Quand les câbles passent par des connecteurs dans des boîtes de jonction, réserver des broches pour la liaison des écrans.
- d) Séparer les câbles destinés aux signaux des câbles d'alimentation et de commande d'au moins 500 mm. Eviter les cheminements parallèles. Au cas où des câbles de signaux doivent passer à proximité des câbles précités, ils doivent en demeurer éloignés d'une distance minimale (inférieure à 5 m) et les croisements doivent se faire à angle droit ou à une distance minimale de 200 mm.
- e) Séparer les câbles transportant des signaux analogiques de ceux qui écoulent des signaux numériques. Eviter les cheminements parallèles.

- m) Interference can enter or leave an equipment via the power lines or any cable penetrations. Appropriate suppression measures should be applied at these points of entry or exit.
- n) Processing equipment can radiate unacceptable interference and conversely may be sensitive to radiated interference from local sources including the ship's transmitters. Shielding should be applied if necessary in these cases.

21.2 *Special precautions with measurement amplifiers*

In a ship installation, the signal lines of measurement amplifiers are subjected to electric and magnetic fields from local interference sources, the frequency range extending from power frequencies to radio frequencies. Asymmetric or common mode potentials can therefore be induced in each line of the signal pair relative to the ship's metallic structure. In a perfectly balanced system, these potentials are equal in magnitude and sign and no potential difference can exist between the lines, i.e. there is no resultant symmetric or serial mode component. In practice, such balance is difficult to achieve over a sufficiently wide frequency range and the resulting symmetric component is applied together with the measurement signal to the amplifier input. Suitable measures (e.g. filtering) should be incorporated in the design to reduce the effect of this type of interference to an acceptable level.

To verify that the measures taken are adequate, the tests specified in Sub-clause 22.2 should be applied.

21.3 *Cable installation*

If circuit configuration precludes the use of adequate suppression or counter-measures, particular attention should be paid to cable selection and installation. The following standard requirements are of a quite general nature and shall be implemented where appropriate:

- a) Signal pairs carrying low-level signals at sonic and supersonic frequencies should be tightly twisted and screened throughout their length. Screens should be electrically continuous, earthed at one point only and should never be used as a signal path. The earthing point should be at the sensor end when this is earthed, or at the processor when the sensors are floating.

To prevent resistive coupling with the ship's hull, an insulated outer sheath appropriate to the environment should surround the screen.

- b) An exception to the single point earthing of signal cable screens can occur when the length of cable exceeds $1/8$ wavelength of an interfering signal. In this case it may be necessary to earth the screen at both ends, the connections to frame being made on the outer surface of the enclosure, i.e. the screen must not penetrate the enclosure.
- c) Where cable runs pass through connectors at junction boxes, pins should be provided to carry the screens.
- d) Signal cables should be separated from power and control cables by a minimum distance of 500 mm and parallel runs avoided. If signal cables have to pass near such cables, they should do so for a minimum distance (less than 5 m) and crossings made at right angles or at a minimum distance of 200 mm.
- e) Cables carrying analogue signals should be separated from cables carrying digital signals and parallel runs avoided.

f) Si on ne peut réaliser une séparation convenable, les câbles transportant des signaux analogiques à bas niveau doivent passer dans des canalisations d'acier ou par des chemins de câbles métalliques. Canalisations et chemins de câbles doivent être reliés électriquement et reliés à la coque.

g) Les câbles transportant des signaux numériques de niveau fort (de l'ordre du volt) peuvent, bien qu'étant généralement insensibles, causer des perturbations et doivent être blindés.

Pour obtenir l'efficacité optimale du blindage, il peut être nécessaire de mettre les écrans à la masse à leurs deux extrémités.

21.4 Mise à la masse

Les connexions reliant les boîtiers renfermant le matériel doivent être sûres et permanentes au point de vue électrique. Toutes les surfaces de contact doivent être propres et exemptes de peinture, de graisse et d'oxydation. Pour les mises à la masse, préférer la bande métallique non divisée en maintenant la longueur employée au minimum. Le rapport longueur/largeur de ces bandes ne doit pas être supérieur à 5/1.

Le système retenu pour la mise à la masse doit éviter la formation de boucles.

22. Limites admissibles

22.1 Limites de la tension perturbatrice et du courant perturbateur

Se reporter aux prescriptions de l'article 13.

22.2 Limites de l'insensibilité

Le matériel doit satisfaire aux essais des paragraphes 25.3 à 25.6 inclus.

22.3 Essais complémentaires pour les amplificateurs de mesure

22.3.1 Réjection des perturbations induites asymétriquement

Effectuer l'essai conformément au montage donné à titre d'exemple à la figure 2, page 77. L'impédance interne du générateur de signal utilisé comme source perturbatrice doit être de $50\ \Omega$, et la tension efficace du signal délivré de 1 V, sur charge de $50\ \Omega$. Le signal de sortie est modulé à 30% sous 1 kHz dans la plage 10 kHz à 30 MHz. Le signal injecté à l'entrée de l'amplificateur étant réglé sur un niveau de référence approprié à la sortie, balayer la plage 50 Hz à 30 MHz avec le signal perturbateur en contrôlant les écarts du niveau de sortie par rapport au niveau de référence.

La réjection est estimée suffisante si on ne constate pas d'écarts supérieurs aux valeurs des tolérances données pour l'échantillon soumis à l'essai.

22.3.2 Réjection des perturbations induites symétriquement

Effectuer l'essai conformément au montage donné à titre d'exemple à la figure 3, page 77. Le signal injecté étant réglé pour obtenir un niveau de référence à la sortie, appliquer les signaux perturbateurs fournis par la source.

La réjection est estimée suffisante si on ne constate pas d'écarts supérieurs aux valeurs des tolérances données pour l'échantillon soumis à l'essai dans les conditions suivantes:

a) En appliquant une tension perturbatrice à fréquence industrielle de niveau correspondant à 1 V (valeur efficace, charge de $50\ \Omega$).

f) If adequate separation cannot be achieved, cables carrying low-level analogue signals should be run in steel conduits or metal cable trays. All conduits and trays should be bonded together and connected to the hull.

g) Cables carrying high-level digital signals (a magnitude of volts), although not usually susceptible can cause interference and should be screened.

To achieve optimum screening efficiency, it may be necessary to earth the screens at both ends.

21.4 *Bonding and earthing*

Connections to equipment frames should be such that reliable and lasting electrical connections are made. All contact surfaces should be clean and free from paint, grease and oxides. Metal tape *not* braided is preferred for bonding and the shortest possible length should be used. The tape should have a length to width ratio not exceeding 5/1.

The bonding and earthing policy adopted should avoid the formation of loops

22. **Installation limits**

22.1 *Limits of interference voltages and currents*

Reference is made to the requirements laid down in Clause 13.

22.2 *Limits of immunity*

Equipment should be capable of withstanding the tests specified in Sub-clauses 25.3 to 25.6 inclusive.

22.3 *Additional tests for measurement amplifiers*

22.3.1 *Rejection of asymmetrically induced interference*

The test should be conducted in accordance with the typical arrangement of Figure 2, page 77. The signal generator used as a disturbing signal source should have a source impedance of $50\ \Omega$ and the amplitude adjusted to give an output of 1 V r.m.s. into a $50\ \Omega$ load. The output should be modulated to a depth of 30% at a frequency of 1 kHz in the frequency range 10 kHz to 30 MHz. With the input signal to the amplifier set to give a convenient reference level at the output, the disturbing signal source should be swept over the frequency range 50 Hz to 30 MHz and the output monitored for deviations in the set frequency level.

The rejection is deemed to be adequate if no deviations in excess of the design tolerances of the test sample are noted.

22.3.2 *Rejection of symmetrically induced interference*

The test should be conducted in accordance with the typical arrangement of Figure 3, page 77. With the input signal set to give a convenient reference level at the output, the disturbing signals from the signal source should be applied.

The rejection is deemed to be adequate if no deviations in excess of the design tolerances of the test sample are noted when:

a) A level of 1 V r.m.s. ($50\ \Omega$ load) is applied at power frequencies from the disturbing source.

- b) En appliquant une tension perturbatrice dont la fréquence est comprise entre 10 kHz et 30 MHz, de niveau correspondant à 10 mV (soit 80 dB(μ V)), sur charge de 50 Ω , modulée à 30% sous 1 kHz.

Note. — En variante, pour obtenir un niveau de référence donné à la sortie, les bornes d'entrée de l'amplificateur peuvent être bouclées sur une impédance de valeur égale à la valeur assignée. Aux bornes de sortie, le niveau du signal perturbateur ne doit pas dépasser les valeurs assignées pour le système.

SECTION SEPT — MÉTHODES DE MESURE ET TECHNIQUES ANTIPARASITES

23. Tension perturbatrice aux bornes; courants perturbateurs

23.1 Considérations générales

Les méthodes de mesure font appel à des techniques connues et généralement acceptées, dans la mesure du possible. Si des méthodes normalisées existent, il y sera fait référence.

23.2 Tensions perturbatrices à bande large aux bornes

Les brouillages à bande large produits par les sources de signaux parasites doivent être mesurés aux bornes de raccordement de ces sources au réseau d'alimentation. La tension perturbatrice à bande large sera mesurée suivant les méthodes normalisées définies par le C.I.S.P.R.

La Publication 1 du C.I.S.P.R. donne des méthodes normalisées pour les fréquences comprises entre 0,15 MHz et 30 MHz. La première partie de cette publication spécifie les caractéristiques du récepteur de mesure et du réseau fictif associé. La deuxième partie donne les règles générales pour la mesure de la tension perturbatrice à bande large aux bornes.

La Publication 3 du C.I.S.P.R. donne les méthodes normales pour les fréquences comprises entre 10 kHz et 150 kHz. Noter que l'étalonnage de l'appareillage de mesure du C.I.S.P.R. est basé sur la largeur de bande spécifique de l'équipement *.

Note. — Toutes les mesures de tensions perturbatrices à bande large doivent normalement être effectuées avec un réseau fictif intercalé pour isoler l'échantillon en essai du réseau d'alimentation. Si l'échantillon en essai consomme un courant élevé (supérieur à 25 A), le réseau fictif peut être supprimé.

23.3 Tensions perturbatrices à bande étroite

Pour la mesure des tensions perturbatrices à bande étroite, le récepteur de mesure du C.I.S.P.R. peut être remplacé par un récepteur étalonné quelconque.

Pour la mesure de tensions perturbatrices à bande étroite (provenant par exemple d'un émetteur radioélectrique) en un point spécifié du réseau de distribution, ne pas utiliser de réseau fictif. Mesurer la tension à fréquence radioélectrique entre chaque phase et la masse avec une sonde étalonnée à haute impédance raccordée à un récepteur de mesure.

23.4 Courants perturbateurs dans les câbles

Dans ce type de mesure, la source de brouillage est généralement reliée au réseau d'alimentation sans insérer de réseau fictif. Mesurer le courant perturbateur avec une sonde de courant étalonnée encerclant les conducteurs ou le câble d'alimentation et reliée à un récepteur de mesure conformément aux prescriptions du paragraphe 23.2.

* La largeur de bande de l'appareil de mesure est de 200 Hz dans la plage de fréquences de 10 kHz à 150 kHz et 9 000 Hz dans la plage de fréquences de 0,15 MHz à 30 MHz.

- b) A level of 10 mV (80 dB(μ V)) (50 Ω load) is applied at frequencies in the range 10 kHz to 30 MHz from the disturbing source. The source to be modulated at a depth of 30% at a frequency of 1 kHz.

Note. — As an alternative to setting a reference level at the output, the input terminals of the amplifier can be terminated in an impedance equal to the rated terminating value. The level of disturbing signal at the output should not be in excess of the rated levels for the system.

SECTION SEVEN — METHODS OF MEASUREMENT AND SUPPRESSION TECHNIQUES

23. Terminal interference voltages and currents

23.1 General

The measuring methods are related to known and generally accepted techniques as far as possible. Reference is made to standard methods, if available.

23.2 Terminal broadband interference voltages

Broadband interference produced by interference sources shall be measured at the mains terminals of those sources. The broadband interference voltage shall be measured in accordance with the standard methods laid down by the C.I.S.P.R.

C.I.S.P.R. Publication 1 contains standard methods for the frequency range 0.15 MHz to 30 MHz. Part I of this Publication specifies the performance requirements for the measuring set and the associated standard artificial-mains network. Part II specifies general requirements for the measurement of broadband terminal interference voltage.

C.I.S.P.R. Publication 3 contains standard methods for the frequency range 10 kHz to 150 kHz. It should be noted that the calibration of the C.I.S.P.R. measuring set is based on the specific bandwidth of the equipment*.

Note. — All broadband interference voltage measurements should normally be carried out with an artificial-mains network inserted to isolate the test sample from the supply mains. In cases where the test sample consumes high currents (above 25 A), the artificial-mains network may be omitted.

23.3 Narrowband interference voltages

For the measurement of narrowband interference voltages, the C.I.S.P.R. measuring set can be replaced by any calibrated receiver.

For the measurement of narrowband interference voltages (caused e.g. by a radio transmitter) at a specified point in the mains network, the artificial-mains network is omitted and the r.f. voltage is measured between each of the supply lines and earth by use of a calibrated high impedance probe connected to an interference measuring set.

23.4 Interference currents in cables

In this type of measurement, the interference source is usually connected to the mains network without inserting an artificial mains network. The interference current is measured by means of a calibrated current probe enclosing the mains lead or cable and connected to a measuring set, in accordance with the requirements given in Sub-clause 23.2.

* 200 Hz in the frequency range 10 kHz to 150 kHz and 9 000 Hz in the frequency range 0.15 MHz to 30 MHz.

24. Facteur de découplage d'antenne entre le réseau d'alimentation et l'installation de réception radioélectrique

- 24.1 Un générateur de signaux à fréquence radioélectrique dont la tension de sortie (U_g) est d'au moins 1 V, de préférence modulé en amplitude, est relié par l'intermédiaire d'un condensateur d'isolation de 0,1 μ F entre le point d'injection et la plus proche partie de la coque (masse). Le point d'injection doit être situé au tableau principal ou sur toute borne d'alimentation adéquate aussi proche que possible du tableau principal. La tension pour fréquences radioélectriques injectée doit être mesurée au point d'injection au moyen d'un voltmètre pour fréquences radioélectriques approprié.

Choisir des fréquences de mesure appropriées dans chacune des bandes de radionavigation et de radiocommunications du service maritime, comprises entre 70 kHz et 25 MHz.

- 24.2 Mesurer le champ E à l'emplacement de l'antenne de réception, avec une antenne-fouet étalonnée et un récepteur de mesure. Un exemple d'antenne-fouet et d'un coefficient d'antenne F_a correspondant:

$$F_a = \frac{\text{grandeur de champ déterminée en champ libre}}{\text{tension à l'entrée du récepteur de mesure}}$$

est donné par les figures 4 et 5, pages 78 et 79. Pour tous les autres types d'antenne-fouet (longueur comprise entre 1 m et 4 m), le coefficient d'antenne F_a doit être déterminé en champ libre.

- 24.3 Calculer le facteur de découplage d'antenne C à partir de la tension d'injection U_g , de la tension du récepteur U_r et du coefficient d'antenne F_a comme suit:

$$C(\text{dB}) = 20 \log U_g - 20 \log U_r - 20 \log F_a$$

- 24.4 Les antennes du navire à l'emplacement de mesure doivent être démontées ou déconnectées du câble d'antenne et des récepteurs. L'antenne-fouet doit être aussi éloignée que possible (au moins 2 m) d'éléments métalliques verticaux de grandes dimensions.

La base de l'antenne-fouet doit être mise à la masse sur la superstructure métallique au moyen d'un conducteur court de mise à la masse. La mise à la masse doit également être assurée pour le récepteur de mesure et le câble coaxial d'interconnexion qui doit avoir la même impédance caractéristique que l'impédance d'entrée du récepteur de mesure.

25. Insensibilité aux brouillages

25.1 Considérations générales

Le but des essais d'insensibilité est de vérifier que le matériel a un fonctionnement satisfaisant lorsque les boîtiers et coffrets qui le composent, les câbles extérieurs et les auxiliaires sont soumis à des tensions et des champs électriques perturbateurs. Dans les articles ci-après, des essais sont proposés avec divers degrés de sévérité conçus de manière à s'appliquer à une gamme étendue d'équipements.

25.2 Choix des essais et niveau de qualité

Choisir les essais dans les articles ci-après de façon à répondre aux prescriptions spécifiques d'un système déterminé.

Lorsque les essais s'appliquent à un échantillon, on ne tolère aucune altération ni défaut de fonctionnement, ni aucune modification des valeurs affichées, par rapport aux caractéristiques spécifiées.

Note. — Par convention expresse, ces essais ne s'appliquent pas aux antennes.

24. Aerial (antenna) decoupling factor between the mains network and the radio receiving installations

- 24.1 An r.f. generator with output voltage (U_g) of at least 1 V preferably amplitude modulated, is connected via an isolating capacitor of 0.1 μ F between the injection point and the nearest part of the hull (earth). The injection point should be at the main switchboard, or at any convenient mains terminal as near as possible to the main switchboard. The injected r.f. voltage should be measured by means of an appropriate r.f. voltmeter at the point of injection.

Suitable measuring frequencies should be chosen in each of the ship's radio navigation and radio-communication bands between 70 kHz and 25 MHz.

- 24.2 The field strength, E , at the position of the receiving aerial (antenna) is measured by means of a calibrated rod aerial (antenna) and a measuring set. An example of a rod aerial (antenna) and a corresponding aerial (antenna) factor F_a :

$$F_a = \frac{\text{known field strength in open field}}{\text{voltage at the input of the measuring set}}$$

is given in Figures 4 and 5, pages 78 and 79. For all other types of rod aerial (antenna) (length between 1 m and 4 m), the aerial (antenna) factor F_a should be established in open field.

- 24.3 The aerial (antenna) decoupling factor C is calculated from the injection voltage U_g , the receiver voltage U_r and the aerial (antenna) factor F_a as follows:

$$C(\text{dB}) = 20 \log U_g - 20 \log U_r - 20 \log F_a$$

- 24.4 Ship's aeriels (antennas) at the position of measurement should be removed or disconnected from the aerial (antenna) cable and receivers. The rod aerial (antenna) should be as far away as possible (at least 2 m) from large vertical parts.

The base of the rod aerial (antenna) should be earthed at the metal superstructure by means of a short earth lead. Earthing should also be provided for the measuring set and the interconnecting coaxial cable, which should have the same characteristic impedance as the input impedance of the measuring set:

25. Immunity to interference

25.1 General

The purpose of immunity testing is to verify that equipment will function satisfactorily when its case, external cables and ancillary equipment are subjected to electrical interference voltages and fields. In the following clauses, tests are proposed with suggested degrees of severity designed to cover a wide range of equipment.

25.2 Selection of tests and grade of performances

Tests should be selected from these clauses to meet the specific requirements of a particular system.

No malfunction, performance degradation or change in indication as defined by the design specification of the test should be produced when the tests are applied to a sample.

Note. — Aeriels (antennas) are specifically excluded from these tests.

25.3 Injection dans le conducteur de masse entre 10 kHz et 50 kHz

Le couplage entre différents équipements et systèmes peut être dû à une impédance de masse commune. L'essai est destiné à vérifier que l'échantillon n'est pas sensible à ce type de couplage. L'échantillon doit être isolé du plan de masse et son conducteur de raccordement à la masse doit être relié à ce plan par l'intermédiaire du secondaire du transformateur de séparation de la figure 6, page 80. Utiliser ce dispositif pour injecter des tensions de 1 V (valeur efficace à circuit ouvert).

25.4 Tensions transmises par conduction entre 10 kHz et 30 MHz

Adopter pour l'essai le montage type de la figure 7, page 81.

Le générateur de signaux doit avoir une sortie adaptée. Le relier au câble à l'essai par l'intermédiaire d'un condensateur d'impédance inférieure à $5\ \Omega$ à la fréquence de mesure.

Un réseau de séparation peut, au besoin, être inséré dans la ligne d'alimentation pour isoler un éventuel chemin à basse impédance entre cette ligne et la masse. Le générateur de signaux doit fournir un signal d'essai modulé à 30% de fréquence variable entre 10 kHz et 30 MHz. Pour l'injection dans les lignes d'alimentation, le niveau du signal d'essai doit varier d'une façon régulière de 0,1 V (à 30 MHz) à 1,0 V (à 10 kHz), voir la figure 8, page 82.

Pour les câbles autres que les câbles d'alimentation, le niveau du signal injecté doit être de 0,1 V dans toute la plage de fréquences.

25.5 Transitoires dans les lignes de puissance

Les lignes de puissance sont soumises occasionnellement à des tensions transitoires de brève durée et d'amplitude élevée. Cet essai est destiné à vérifier que le matériel aura un fonctionnement satisfaisant en présence de ces perturbations.

Adopter pour l'essai la figure 9, page 83. Le transitoire doit avoir la forme d'onde indiquée à la figure 10, page 84. La forme d'onde transitoire d'amplitude maximale de 400 V ($U_0 = 500$ V) peut être obtenue avec un circuit de référence conforme à la figure 11, page 84.

Les valeurs suivantes sont proposées pour l'essai:

$$U_g = 1\ 000\ \text{V} \ (U_{\text{max}} = 400\ \text{V})$$

$$T_1 = 10\ \mu\text{s} \quad T_1 = C_1 (R_1 + R_2)$$

$$T_2 = 0,5\ \mu\text{s} \quad T_2 = C_2 / (1/R_1 + 1/R_2)$$

Pour les lignes de distribution à basse tension, limiter la valeur maximale du transitoire à 100 V.

25.6 Courants de circulation dans les structures métalliques et dans les blindages des câbles d'interconnexion

Les courants circulant dans les structures métalliques des boîtiers et coffrets et dans les blindages des câbles d'interconnexion peuvent induire des brouillages dans les circuits sensibles situés à l'intérieur de ces enveloppes. Afin de vérifier que le matériel n'est pas sensible à ce mode de couplage, introduire des courants à fréquence radioélectrique d'une valeur efficace de 100 mA dans l'enveloppe métallique de l'échantillon.

Le courant doit circuler entre l'un des coins et tous les autres coins, chacun à son tour. La source de signaux doit balayer la plage de 15 kHz à 30 MHz.

Lorsque des éléments sont interconnectés par des câbles blindés, le courant doit également circuler dans le blindage de chaque câble à tour de rôle.

25.3 *Injection into earth lead, from 10 kHz to 50 kHz*

Coupling between equipment and systems can occur due to a common earth impedance. The test is designed to verify that the sample does not respond to this mode of coupling. The sample should be isolated from the earth plane and its earth lead taken to the earth plane via the secondary of the isolation transformer of Figure 6, page 80. The apparatus is used to inject voltages having an open circuit value of 1 V r.m.s.

25.4 *Conducted radio-frequency voltages, from 10 kHz to 30 MHz*

The test shall be in accordance with the typical arrangement of Figure 7, page 81.

The signal generator shall be correctly terminated and shall be connected to the cable under test via a capacitor having an impedance less than $5\ \Omega$ at the measurement frequency.

An isolating network may, if necessary, be connected in series with the supply line to isolate a possible low impedance of the supply line to earth. The signal generator should supply a 30% modulated test signal capable of being swept over the frequency range 10 kHz to 30 MHz. For power supply line injection, the level of the test signal should continuously rise from 0.1 V at the upper end of the frequency range (30 MHz) to 1.0 V at the lower end (10 kHz), see Figure 8, page 82.

For cables other than power supply cables, the level of the injected signal should be 0.1 V over the entire frequency range.

25.5 *Transients on power lines*

Power supply lines are subject to occasional high amplitude short duration transient voltages. The test is designed to verify that equipment will function satisfactorily in the presence of these disturbances.

The test shall be in accordance with the arrangement of Figure 9, page 83, and the transient should have the resultant waveform shown in Figure 10, page 84. The transient waveform with a maximum amplitude of 400 V ($U_0 = 500$ V), can be originated from a reference circuit of the form given in Figure 11, page 84.

The following values are proposed for the test operation:

$$U_g = 1\,000\text{ V } (U_{\max} = 400\text{ V})$$

$$T_1 = 10\ \mu\text{s } T_1 = C_1 (R_1 + R_2)$$

$$T_2 = 0.5\ \mu\text{s } T_2 = C_2 / (1/R_1 + 1/R_2)$$

In the case of low voltage power lines, the maximum value of the transient waveform should be limited to 100 V.

25.6 *Circulating currents in metalwork and screens of interconnecting cables*

Circulating currents flowing through cabinet metalwork and screens of interconnecting cables can induce interference into sensitive circuits within the cabinet. To verify that equipment is not sensitive to this mode of coupling, radio-frequency currents having an r.m.s. value of 100 mA shall be passed through the cabinet metalwork of the sample.

The current shall be passed from one corner to all other corners of the cabinet in turn, and the signal source swept over the range 15 kHz to 30 MHz.

Where units are interconnected by screened cables, the current should also be passed through the screen of each cable in turn.

Un montage d'essai est suggéré à la figure 12, page 84, pour les fréquences radioélectriques.

Chaque enroulement du transformateur à ligne de transmission à noyau de ferrite et enroulement bifilaire doit avoir une inductance de 1 mH.

26. Règles pour l'antiparasitage

Utiliser des condensateurs pour offrir aux courants perturbateurs des trajets à faible impédance; leur but est essentiellement de court-circuiter la source des brouillages aux fréquences radioélectriques. Si les condensateurs ne sont pas connectés en un point aussi proche que possible de la source, le courant important à fréquence radioélectrique qui en résulte provoquera une émission de brouillage par rayonnement. Des types spéciaux de condensateurs, appelés condensateurs de traversée, peuvent être insérés directement dans la ligne. Pour que les excellentes caractéristiques d'affaiblissement de ces condensateurs soient pleinement obtenues, il est indispensable qu'ils soient judicieusement installés. Les prescriptions des fabricants, relatives à l'installation, doivent donc être suivies à la lettre.

Si le degré d'affaiblissement des perturbations obtenu avec des condensateurs est insuffisant, faire appel à des réseaux à condensateurs et inductances de conception appropriée. Prendre des précautions pour éviter d'éventuelles chutes de tension excessives et un échauffement excessif des inductances utilisées.

27. Règles pour améliorer l'insensibilité du matériel aux brouillages

Les niveaux de perturbations électromagnétiques admissibles, fixés par les accords internationaux, aux bornes d'alimentation du matériel électrique sont en rapport avec leur influence sur la réception de la radiotéléphonie.

Ce point de vue conduit à faire certaines concessions et à laisser de côté les claquements et crachements isolés et brefs, compte tenu du fait que la réception radiotéléphonique ne sera guère altérée par la perte de syllabes isolées.

Des circuits porteurs de signaux sous forme d'impulsions brèves peuvent toutefois être gravement perturbés dans leur fonctionnement, même si les tensions perturbatrices d'origine artificielle sont réduites aux niveaux fixés.

L'insensibilité des installations électroniques aux brouillages continus ou discontinus de niveaux inférieurs aux niveaux admissibles doit donc être adaptée aux conditions électromagnétiques de l'environnement propre aux navires.

C'est par une étude systématique portant sur l'ensemble de l'installation qu'on parviendra le plus facilement à ce résultat. Cette étude portera notamment sur les circuits sensibles aux perturbations, l'amplification des signaux à la source, le découplage de l'alimentation, le blindage du matériel, l'utilisation de câbles torsadés à double blindage et la mise à la masse convenable du matériel et des blindages de câble.

A suggested test arrangement for radio frequencies is shown in Figure 12, page 84.

Each winding of the ferrite cored bifilar wound transmission line transformer shall have an inductance of 1 mH.

26. Suppression measures

Capacitors are used to provide a low impedance path for interference currents and are intended effectively to short-circuit the interference source at radio frequencies. If the capacitors are not connected as close as possible to the source, the resultant large r.f. current will cause radiation of interference. Special types of capacitor known as feed-through or lead-in capacitors can be connected directly into the line. The excellent attenuation characteristics of these capacitors can only be obtained if they are properly installed and the manufacturer's requirements regarding installation must be strictly followed.

If the grade of interference attenuation provided by capacitors is inadequate, inductor/capacitor networks of suitable design should be used. Care should be taken to prevent possible undue voltage drops and overheating of any inductors used in the networks.

27. Measures to improve the immunity of equipment to interference

Internationally agreed electromagnetic interference levels at the mains terminals of electrical equipment are related to the influence of its effect on the reception of radiotelephony.

In view of this, certain concessions have been made in that single and short duration clicks and buzzes may be ignored, as the reception of radiotelephony will not be impaired by the loss of single syllables.

Signal circuits operating with short pulses can, however, be seriously disturbed in their proper operation even if man-made noise voltages are suppressed to the fixed levels.

The immunity of electronic installations sensitive to discontinuous interference or continuous interference below the permitted levels should, therefore, be adapted to the electromagnetic environmental conditions on board ship.

This can best be accomplished by system planning covering the whole installation: for instance, layout of interference-sensitive circuits, amplification of the signals at the source, separation of the power supply, shielding of equipment, use of double-screened twisted cables, proper earthing of equipment and cable screens.

CHAPITRE II: COMPOSANTS ANTIPARASITES ESSENTIELS

SECTION HUIT — GÉNÉRALITÉS

28. Domaine d'application

Ce chapitre s'applique à certains éléments antiparasites, c'est-à-dire:

- les condensateurs;
 - les inductances;
 - les filtres;
 - les coupe-circuit à fusibles pour condensateurs,
- dont la défaillance peut mettre gravement en danger la sécurité du navire,
- soit en rendant possibles des brouillages qui désorganiseraient les systèmes radioélectriques ou électroniques à bord,
 - soit en perturbant ou en arrêtant le fonctionnement de matériels électriques essentiels (par exemple les moteurs de barre ou les appareils de navigation) sur lesquels ces composants sont montés.

Il est essentiel que tous les composants antiparasites utilisés pour répondre aux préoccupations ci-dessus, soient de la meilleure qualité possible. A ce sujet, l'expérience du fabricant doit être prise en considération car les essais de fiabilité à court terme ne sont pas infaillibles.

Les condensateurs pour utilisation navale qui n'entrent pas dans l'une des deux catégories ci-dessus, doivent répondre aux prescriptions de la Publication 161 de la CEI: Condensateurs d'anti-parasitage.

Les articles ci-après s'appliquent aux composants destinés à être utilisés avec des dispositifs électriques à bord jusqu'à 500 V en courant continu ou en courant alternatif (valeur efficace) entre conducteurs, ou jusqu'à 250 V en courant continu et 290 V en courant alternatif (valeur efficace) entre un conducteur et la masse, aux fréquences inférieures ou égales à 400 Hz.

29. Objet

Les prescriptions et méthodes d'essai qui suivent sont prévues pour:

- a) obtenir la compatibilité électromagnétique entre équipements et systèmes à bord des navires après l'installation de composants conformes aux prescriptions;
- b) garantir que les caractéristiques fonctionnelles de tous les dispositifs électriques essentiels à bord ne sont pas altérées;
- c) garantir que la sécurité des personnes et du navire n'est pas compromise.

30. Définition

La compatibilité électromagnétique est la possibilité pour tout système électrique, radioélectrique, de radiodétection, de radiocommunications, de commande ou de sonar de fonctionner de manière satisfaisante dans l'environnement électromagnétique des navires.

CHAPTER II: VITAL INTERFERENCE SUPPRESSION COMPONENTS

SECTION EIGHT — GENERAL

28. Scope

This chapter applies to certain interference suppression components, i.e.:

- capacitors;
- inductors;
- filters;
- fuses for capacitors,

whose failure could seriously endanger the safety of the ship either by:

- permitting interference, which would disorganize radio or electronic systems on board, or
- upsetting or stopping the operation of vital electrical equipment (e.g. steering motors or navigational aids) to which the components are fitted.

It is essential for all suppression components which may be used as above to be of the highest possible quality. In this connection, the manufacturer's experience should be taken into consideration as short-term reliability testing is not infallible.

Capacitors for shipboard use which do not fall into either of the above categories should meet the conditions outlined in IEC Publication 161, Capacitors for Radio Interference Suppression.

The following clauses apply to components intended for use with electrical devices on board ship up to 500 V d.c. or 500 V a.c. (r.m.s.) between conductors, or 250 V d.c. or 290 V a.c. (r.m.s.) between one conductor and earth at frequencies not exceeding 400 Hz.

29. Object

The following requirements and test methods are intended to be used to:

- a) obtain electromagnetic compatibility between equipment and systems on board ship when components meeting the requirements are fitted;
- b) ensure that the performance of all vital electrical devices on board ship is not impaired;
- c) ensure that the safety of the personnel and of the ship is not endangered.

30. Definition

Electromagnetic compatibility is the ability of any electrical, radio, radar, communication, control or sonar system to operate satisfactorily in a ship's electromagnetic environment.

SECTION NEUF — PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

31. Conditions de fonctionnement

Tous les composants doivent pouvoir assurer un fonctionnement permanent sous des conditions tropicales et arctiques et dans une atmosphère saline saturée.

Les composants équipant des dispositifs ou des machines doivent être prévus pour toutes conditions insolites pouvant se présenter, comme la présence de poussières de cuivre ou de carbone, de vapeurs d'hydrocarbures, etc.

Les composants installés à l'extérieur doivent être protégés par une enveloppe solide assurant leur protection mécanique.

32. Bornes et raccordements

Les raccordements aux bornes doivent être en fil étamé ou revêtu de soudure et convenablement isolé ou bien du type vissé ou soudé. Ces bornes ne doivent pas présenter une section inférieure à 0,5 mm² et, si elles sont destinées à faire passer le courant d'alimentation principal de l'appareil, leur section doit pouvoir transmettre le courant de fonctionnement sous une densité ne dépassant pas 300 A/cm². Si une borne a la forme d'un boulon, prévoir un dispositif de blocage.

33. Connexions internes

Les connexions vissées ne doivent pas être utilisées pour les raccordements internes de composants ou de filtres montés sous enceinte hermétique.

34. Lignes de fuite et distances d'isolement dans l'air

La distance d'isolement dans l'air entre des bornes quelconques d'un composant ou entre toute borne sous tension et l'enveloppe métallique ne doit pas être inférieure à :

$$2 + \frac{U}{500} \text{ mm}$$

mesurée sur la plus courte distance dans l'air.

La ligne de fuite entre des bornes quelconques ou entre toute borne sous tension et l'enceinte métallique ne doit pas être inférieure à :

$$2 + \frac{U}{250} \text{ mm}$$

mesurée sur la surface de l'isolant, U étant la valeur de crête de la tension nominale de fonctionnement.

Si la partie isolante contient une rainure de moins de 1 mm de largeur, la ligne de fuite doit être mesurée sur la largeur de cette rainure et non sur la surface plane.

Lors du calcul des distances d'isolement nécessaires, les fractions de millimètre doivent être comptées pour 1 mm.

SECTION NINE — GENERAL REQUIREMENTS

31. Operating conditions

All components shall be suitable for continuous operation in tropical and arctic conditions with a saturated salt-laden atmosphere.

Components fitted to devices or machines shall be suitable for any unusual conditions that may be present, e.g. the existence of copper or carbon dust, oil vapour, etc.

Components fitted externally shall be housed in a substantial case to afford mechanical protection.

32. Terminals and terminal connections

Terminal connections shall be of solder-coated or tinned wire suitably insulated or shall be of the screw or soldering type. Their cross-sectional area shall be not less than 0.5 mm² and where they are intended to form part of the main supply circuit to the appliance, their cross-section shall be adequate to carry current at a current density not exceeding 300 A/cm². Where a terminal has the form of a screw and nut, a locking device shall be provided.

33. Internal connections

Screwed connections shall not be used for internal connections of components or filters which are hermetically sealed.

34. Creepage distances and air clearances

The clearance between any terminals of a component or between any live terminal and the metal housing shall be not less than:

$$2 + \frac{U}{500} \text{ mm}$$

across the shortest gap.

The creepage distance between any terminals or between any live terminal and the metal housing shall be not less than:

$$2 + \frac{U}{250} \text{ mm}$$

across the surface of the insulant, where U is the peak value of the rated working voltage.

If the insulating part contains a groove less than 1 mm wide, the creepage distance shall be measured across the width of the groove and not over its surface.

When calculating the necessary clearance, fractions of a millimetre shall be counted as 1 mm.

35. Tensions nominales

Les tensions nominales préférentielles des composants sont les suivantes:

- courant alternatif: 127 V, 250 V, 380 V, 500 V (valeur efficace);
- courant continu: 50 V, 160 V, 250 V, 500 V.

36. Domaines nominaux de températures

Les domaines nominaux préférentiels de températures de fonctionnement sont les suivants:

- 25 °C à +85 °C
- 55 °C à +85 °C
- 55 °C à +100 °C

Note. — Le paragraphe 2.6 de la Publication 92-1 de la CEI: Installations électriques à bord des navires, Première partie: Règles générales, indique des températures d'air ambiant et d'eau de refroidissement pour quelques applications particulières.

37. Catégories d'essais

Effectuer les essais des deux catégories suivantes:

- 1) Essais individuels de série effectués par le fabricant, sur tous les composants en vue de vérifier que les composants répondent aux prescriptions de l'article 39.
- 2) Essais de type de l'article 40 sur des échantillons de présérie pour contrôler la conception.

SECTION DIX — PRESCRIPTIONS SPÉCIALES POUR LES CONDENSATEURS

38. Généralités

38.1 Construction

Les sorties et dispositifs de montage d'un condensateur doivent être tels qu'il ne soit pas nécessaire d'échauffer un boîtier métallique lors de la fixation ou du raccordement.

38.2 Marquage

Le marquage doit être conforme au paragraphe 7.1 de la Publication 161 de la CEI, sauf les paragraphes 7.1j) et k). Le marquage doit inclure une référence à la présente publication. L'année de fabrication doit être indiquée en clair (non en code).

38.3 Inductance propre

Tous les condensateurs antiparasites doivent être conçus pour avoir une inductance propre minimale.

35. Nominal voltages

Preferred nominal voltage values of components are:

- a.c.: 127 V, 250 V, 380 V, 500 V (r.m.s.);
- d.c.: 50 V, 160 V, 250 V, 500 V.

36. Nominal temperature ranges

Preferred nominal operating temperature ranges are:

- 25 °C to +85 °C
- 55 °C to +85 °C
- 55 °C to +100 °C

Note. — Sub-clause 2.6 of IEC Publication 92-1, Electrical Installations in Ships, Part I: General Requirements, gives ambient-air and cooling-water temperatures for some specific applications.

37. Classes of test

The following classes of test shall be carried out:

- 1) Routine tests on all components carried out by the manufacturer to verify that components meet the requirements of Clause 39.
- 2) Type tests of Clause 40 on pre-production samples to verify design.

SECTION TEN — SPECIAL REQUIREMENTS FOR CAPACITORS

38. General

38.1 Construction

The connections and mounting arrangements of a capacitor shall be such that it is unnecessary to apply heat to any metallic case when fixing or connecting.

38.2 Marking

Marking shall be in accordance with Sub-clause 7.1 of IEC Publication 161, except Sub-clauses 7.1j) and k). Reference shall be made to the present publication. The year of manufacture shall be clearly indicated (i.e. not in code).

38.3 Self-inductance

All suppression capacitors shall be designed for minimum self-inductance.

39. Essais individuels de série

39.1 Rigidité diélectrique

Tous les condensateurs doivent être soumis à des essais diélectriques par l'application pendant 1 s des tensions du tableau suivant. Ces tensions seront appliquées entre les points indiqués au paragraphe 12.1.2 de la Publication 161 de la CEI. Les règles du paragraphe 12.1.3 de la Publication 161 de la CEI doivent également être observées.

Condensateurs	Entre sorties	Entre autres points de mesure
Pour courant alternatif	$6 U_R$ (c.a.) ou $9 U_R$ (c.c.)	$2 U_R + 1\,500$ V (c.a.)
Pour courant continu	$8 U_R$ (c.c.)	$2 U_R + 1\,500$ V (c.c.)

U_R = tension nominale en volts.

Il ne doit apparaître ni décharge disruptive ni contournement.

39.2 Capacité

Mesurer la capacité selon le paragraphe 12.2.2 de la Publication 161 de la CEI; elle ne doit pas s'écarter de plus de 20% de la valeur nominale (en plus ou en moins).

39.3 Résistance d'isolement

Mesurer la résistance d'isolement conformément au paragraphe 12.4 de la Publication 161 de la CEI.

La résistance d'isolement doit être supérieure aux limites fixées par la Publication 161 de la CEI pour la catégorie -/-56.

40. Essais de type

Appliquer les prescriptions de l'article 8 de la Publication 161 de la CEI.

40.1 Programme des essais de type

Tous les condensateurs soumis aux essais de type doivent avoir subi avec succès les essais individuels de série de l'article 39. Ils doivent ensuite être contrôlés conformément à l'article 11 de la Publication 161 de la CEI. Mesurer et noter les valeurs initiales et finales de capacité et de résistance d'isolement.

Les essais diélectriques doivent être effectués sur tous les échantillons conformément au paragraphe 39.1.

Ces condensateurs doivent alors être groupés, conformément aux dispositions du paragraphe 8.1 de la Publication 161, en quatre lots A, B, C et D. Procéder ensuite aux essais suivants, dans l'ordre:

Lot A

Facteur de puissance.

Caractéristique d'impédance de couplage, affaiblissement d'insertion et inductance.

Robustesse des sorties.

Soudures.

39. Routine tests

39.1 Voltage proof

All capacitors shall be subjected to high-voltage tests by the application of voltages for 1 s as set out in the following table, these voltages being applied across the points set out in Sub-clause 12.1.2 of IEC Publication 161. The requirements of Sub-clause 12.1.3 of IEC Publication 161 shall also be met.

Capacitors	Between terminations	Between the other test points
For a.c.	$6 U_R$ (a.c.) or $9 U_R$ (d.c.)	$2 U_R + 1\,500\text{ V}$ (a.c.)
For d.c.	$8 U_R$ (d.c.)	$2 U_R + 1\,500\text{ V}$ (d.c.)

U_R = rated voltage in volts.

There shall be no permanent breakdown or flashover.

39.2 Capacitance

The capacitance shall be measured as described in Sub-clause 12.2.2 of IEC Publication 161 and shall be within $\pm 20\%$ of the rated value.

39.3 Insulation resistance

The insulation resistance shall be measured as described in Sub-clause 12.4 of IEC Publication 161.

The insulation resistance shall be within the limits set out in IEC Publication 161, Category -/56.

40. Type tests

The requirements of Clause 8 of IEC Publication 161 shall be met.

40.1 Schedule of type tests

All capacitors provided for the type tests shall have passed the routine tests in Clause 39. They shall then be checked in accordance with Clause 11 of IEC Publication 161. The initial and final measurements for capacitance and insulation resistance shall be made and recorded.

Voltage proof tests shall be carried out on all samples in accordance with Sub-clause 39.1.

These capacitors shall then be grouped into four lots in accordance with the provisions of Sub-clause 8.1 of IEC Publication 161 and labelled lots A, B, C and D. Tests shall then be made in the following order:

Lot A

Power factor.

Coupling impedance characteristic, insertion loss and inductance.

Robustness of terminations.

Soldering.

Vibrations.
Secousses.
Étanchéité du boîtier.
Variations rapides de température.
Séquence climatique:
— chaleur sèche;
— chaleur humide (accélérée) (premier cycle);
— froid;
— chaleur humide (accélérée) (cycles restants).
Mesures finales.

Lot B

Chaleur humide (longue durée).

Lot C

Endurance.
Atmosphère saline.

Lot D

Apparition de décharges.
Moississures.

40.2 *Conditions normales d'essai*

Appliquer les conditions normales d'essai indiquées au paragraphe 10.1 de la Publication 161 de la CEI.

40.3 *Facteur de puissance*

Sauf pour les condensateurs à armature métallique enroulée, la tangente de l'angle de pertes ne doit pas dépasser 0,01, la mesure étant effectuée à une fréquence comprise entre 50 Hz et 2 000 Hz. Cette prescription peut être atténuée à la discrétion de l'utilisateur pour les condensateurs à céramique de permittivité élevée.

40.4 *Impédance de couplage, affaiblissement d'insertion et inductance propre*

Mesurer ces caractéristiques conformément à l'annexe C de la Publication 161 de la CEI. Noter les résultats.

40.5 *Robustesse des sorties*

Procéder aux essais de robustesse des sorties selon l'article 13 de la Publication 161 de la CEI. Vérifier que les prescriptions sont satisfaites.

40.6 *Soudure*

Si les condensateurs ont des sorties à souder, celles-ci doivent répondre aux prescriptions de l'article 14 de la Publication 161 de la CEI. En variante, l'essai à la goutte de soudure de la Publication 68-2-20 doit être subi avec succès.

40.7 *Vibrations*

Les condensateurs doivent répondre aux prescriptions de l'essai Fc de la Publication 68-2-6 de la CEI, avec une sévérité spécifiée.

40.8 *Secousses*

Les condensateurs doivent répondre aux prescriptions de l'essai Eb de la Publication 68-2-29 de la CEI.

Vibration.

Bumping.

Container sealing.

Rapid change of temperature.

Climatic sequence:

- dry heat;
- damp heat (accelerated) (first cycle);
- cold;
- damp heat (accelerated) (remaining cycles).

Final measurements.

Lot B

Damp heat (long term exposure).

Lot C

Endurance.

Salt atmosphere.

Lot D

Discharge inception.

Mould growth.

40.2 *Standard conditions of testing*

The standard conditions of testing as set out in Sub-clause 10.1 of IEC Publication 161 shall apply.

40.3 *Power factor*

Except for metal foil capacitors, the tangent of the loss angle shall not exceed 0.01 when measured at a frequency between 50 Hz and 2 000 Hz. This may be relaxed at the user's discretion if high permittivity ceramic is used.

40.4 *Coupling impedance characteristic, insertion loss and self-inductance*

Tests shall be made in accordance with Appendix C of IEC Publication 161 and the results recorded.

40.5 *Robustness of terminations*

Tests for robustness of terminations according to Clause 13 of IEC Publication 161 shall be carried out and the requirements met.

40.6 *Soldering*

The soldering terminations of capacitors, if any, shall meet the requirements of Clause 14 of IEC Publication 161. Alternatively, the solder globule test of IEC Publication 68-2-20 shall be complied with.

40.7 *Vibration*

The capacitors shall meet the vibration requirements of Test Fc of IEC Publication 68-2-6 with a specified severity.

40.8 *Bumping*

The capacitors shall meet the requirements of Test Eb of IEC Publication 68-2-29.

40.9 *Étanchéité des boîtiers*

Contrôler l'étanchéité des boîtiers des condensateurs selon l'essai Qc de la Publication 68-2-17 de la CEI, avec la méthode appropriée. On ne doit observer ni dégagement de bulles ni écoulement de liquide.

40.10 *Variations rapides de température*

Soumettre les condensateurs aux variations rapides de température de l'essai Na de la Publication 68-2-14 de la CEI. Vérifier que les prescriptions sont satisfaites.

40.11 *Séquence climatique, mesures initiales*

Soumettre les condensateurs aux séquences suivantes d'essais climatiques selon la Publication 68 de la CEI, après avoir mesuré et noté la capacité et la résistance d'isolement (paragraphe 40.12 à 40.15).

40.12 *Chaleur sèche*

Soumettre les condensateurs à l'épreuve de chaleur sèche de l'essai Ba de la Publication 68-2-2 de la CEI, avec le degré de sévérité approprié.

40.13 *Chaleur humide (accélérée) (premier cycle)*

Soumettre les condensateurs au premier cycle de l'épreuve de chaleur humide de l'essai D de la Publication 68-2-4 de la CEI, pendant un cycle de 24 h (sévérité IV). Après la reprise, soumettre immédiatement les condensateurs à l'essai de froid.

40.14 *Froid*

Soumettre les condensateurs à l'essai A de la Publication 68-2-1 de la CEI, avec le degré de sévérité approprié.

40.15 *Chaleur humide (accélérée) (cycles restants)*

Soumettre les condensateurs aux cycles restants de l'épreuve de chaleur humide de l'essai D de la Publication 68-2-4 de la CEI, pendant cinq cycles de 24 h.

40.16 *Mesures finales*

Après la reprise à la suite des essais précédents, examiner visuellement les condensateurs. Ils ne doivent présenter aucune détérioration; le marquage doit être lisible. Mesurer la résistance d'isolement des condensateurs et vérifier que les prescriptions suivantes sont satisfaites:

Entre sorties			
Catégorie	Produit RC minimal pour condensateurs de capacité nominale supérieure à 0,33 μF	Résistance minimale pour condensateurs de capacité nominale inférieure ou égale à 0,33 μF	Résistance minimale entre sorties et boîtier
— / — / 56	2 000 s	6 000 M Ω	6 000 M Ω

40.9 Container sealing

The container sealing of capacitors shall be tested according to IEC Publication 68-2-17, Test Qc, using the appropriate method. There shall be no visible bubbling or seepage.

40.10 Rapid change of temperature

The capacitors shall be subjected to the tests for rapid change of temperature set out in Test Na of IEC Publication 68-2-14 and meet the requirements thereof.

40.11 Climatic sequence and initial measurements

The capacitors shall be subjected to the following climatic sequence tests of IEC Publication 68 (Sub-clauses 40.12 to 40.15).

The capacitance and insulation resistance shall first be measured and recorded.

40.12 Dry heat

The capacitors shall be subjected to Test Ba of IEC Publication 68-2-2 using the appropriate degree of severity.

40.13 Damp heat (accelerated) (first cycle)

The capacitors shall be subjected to the first cycle damp heat procedure of Test D of IEC Publication 68-2-4 for one cycle of 24 h (severity IV). After recovery, the capacitors shall be subjected immediately to the cold test.

40.14 Cold

The capacitors shall be subjected to Test A of IEC Publication 68-2-1 using the appropriate degree of severity.

40.15 Damp heat (accelerated) (remaining cycles)

The capacitors shall be subjected to the remaining cycles of the damp heat procedure of Test D of IEC Publication 68-2-4 for five cycles of 24 h.

40.16 Final measurements

After recovery from the preceding tests, the capacitors shall be visually examined. There shall be no visible damage and the marking shall be legible. The insulation resistance of the capacitors shall be measured and shall fulfil the following requirements:

Between terminations			
Category	Minimum RC product for capacitors with rated capacitance exceeding 0.33 μF	Minimum resistance for capacitors with rated capacitance up to and including 0.33 μF	Minimum resistance between terminations and case
— / — / 56	2 000 s	6 000 M Ω	6 000 M Ω

La capacité doit être mesurée 24 ± 4 h après la fin de la séquence climatique, sauf s'il peut être démontré que la stabilité est atteinte plus tôt.

La variation de capacité ne doit pas dépasser 5% par rapport à la valeur mesurée au paragraphe 39.2.

40.17 *Chaleur humide (longue durée)*

Soumettre les condensateurs à l'épreuve de chaleur humide (essai continu) de l'essai Ca de la Publication 68-2-3 de la CEI, pendant 56 jours.

En fin d'essai, mesurer la résistance d'isolement et les prescriptions du paragraphe 40.16 doivent être satisfaites.

40.18 *Endurance*

Soumettre les condensateurs aux essais d'endurance de l'article 21 de la Publication 161 de la CEI pour la classe Y. Contrôler la résistance d'isolement et la capacité après 24 h. Soumettre ensuite les condensateurs à deux cycles de chaleur humide accélérée, selon l'essai D de la Publication 68-2-4 de la CEI; les mesures ci-dessus doivent être répétées. Les condensateurs doivent ensuite subir avec succès l'épreuve de rigidité diélectrique du paragraphe 12.1 de la Publication 161 de la CEI pour la classe Y.

En fin d'essai, mesurer la résistance d'isolement et les prescriptions du paragraphe 40.16 doivent être satisfaites.

40.19 *Atmosphère saline*

Soumettre les condensateurs à l'essai Ka de la Publication 68-2-11 de la CEI.

Noter les résultats des mesures finales. Examiner le condensateur pour déceler d'éventuels signes de corrosion. La corrosion ne doit pas altérer les caractéristiques fonctionnelles prévues à l'origine.

40.20 *Apparition de décharges*

Connecter chacun des condensateurs, à tour de rôle, à un détecteur de décharges. Appliquer à chaque condensateur pendant 1 s une tension à 50 Hz ou 60 Hz de trois fois la tension nominale. Réduire ensuite cette tension de façon continue jusqu'à la tension nominale du condensateur. La maintenir pendant 10 min. Augmenter ensuite la tension de façon continue jusqu'à 1,2 fois la tension nominale. On ne doit pas observer de décharges d'énergie supérieure ou égale à 30 pC.

40.21 *Moisissures*

Soumettre les condensateurs à l'essai J de la Publication 68-2-10 de la CEI. Noter les résultats des mesures finales. Examiner le condensateur pour déceler d'éventuels signes de moisissures. Les moisissures ne doivent pas altérer les caractéristiques fonctionnelles prévues à l'origine.

SECTION ONZE — PRESCRIPTIONS SPÉCIALES POUR LES INDUCTANCES

41. Généralités

41.1 *Construction*

Sauf spécifications contraires, les inductances doivent être conçues pour une chute de tension minimale, une capacité propre et un facteur de surtension minimaux à la résonance propre.

The capacitance shall be measured 24 ± 4 h after the conclusion of the climatic sequence, unless it can be demonstrated that stability is reached earlier.

The change of capacitance, compared with the value measured in Sub-clause 39.2, shall not exceed 5%.

40.17 *Damp heat (long-term exposure)*

The capacitors shall be subjected to damp heat (steady state) Test Ca laid down in IEC Publication 68-2-3, for 56 days.

At the conclusion of the test, the insulation resistance shall be measured and the requirements of Sub-clause 40.16 shall be met.

40.18 *Endurance*

The capacitors shall be subjected to the endurance tests laid down in Clause 21 of IEC Publication 161 for Class Y. The insulation resistance as well as the capacitance shall be checked at the end of 24 h. The capacitors shall then be subjected to two cycles of accelerated damp heat according to the procedure given in Test D of IEC Publication 68-2-4 and the above measurements repeated. The capacitors shall then withstand the voltage-proof test given in Sub-clause 12.1 of IEC Publication 161 for Class Y.

At the conclusion of the test, the insulation resistance shall be measured and the requirements of Sub-clause 40.16 shall be met.

40.19 *Salt atmosphere*

The capacitors shall be subjected to Test Ka laid down in IEC Publication 68-2-11.

Final measurements shall be recorded and the capacitor examined for signs of corrosion which should not be such that design performance is impaired.

40.20 *Discharge inception*

The capacitors shall be connected in turn to a discharge detector and each shall have 50 Hz or 60 Hz a.c. voltage of three times the rated voltage applied for 1 s. This voltage shall then be reduced without interruption to the rated voltage of the capacitor and then maintained for 10 min. At the end of this time, the voltage shall be increased, without interruption, to 1.2 times the rated voltage. Any discharge shall be less than 30 pC.

40.21 *Mould growth*

The capacitors shall be subjected to Test J of IEC Publication 68-2-10. Final measurements shall be recorded and the capacitor examined for signs of mould growth which should not be such that design performance is impaired.

SECTION ELEVEN — SPECIAL REQUIREMENTS FOR INDUCTORS

41. General

41.1 *Construction*

Inductors shall be designed for minimum voltage drop, self-capacitance, and “Q” at self-resonance, unless otherwise specified.

41.2 *Isolement*

Tous les isolants utilisés doivent être de la classe E ou d'une classe meilleure, selon la Publication 85 de la CEI.

41.3 *Marquage*

Les informations suivantes doivent être marquées:

- a) inductance propre nominale;
- b) courant nominal;
- c) tension nominale;
- d) température maximale de fonctionnement à l'air libre;
- e) nom du fabricant ou marque de fabrique;
- f) désignation du type ou numéro de catalogue;
- g) référence à ce rapport.

42. *Essais individuels de série*

42.1 *Inductance propre*

L'inductance propre doit être mesurée à vide. L'inductance mesurée ne doit pas s'écarter de plus de 25% de l'inductance propre nominale.

42.2 *Rigidité diélectrique*

Toutes les inductances doivent être soumises à des essais diélectriques en appliquant une tension d'épreuve à 50 Hz ou 60 Hz pendant 1 s entre les points suivants:

- a) toutes les paires possibles de pièces dangereuses au toucher ou d'enroulements;
- b) toutes les pièces dangereuses au toucher et toutes autres parties métalliques telles que le noyau, le boîtier ou les vis de fixation.

Les tensions d'épreuves doivent être de:

- 2 kV (valeur efficace) pour les inductances de tensions nominales inférieures à 380 V;
- 2,5 kV (valeur efficace) pour les inductances de tensions nominales comprises entre 380 V et 500 V.

42.3 *Résistance d'isolement*

Mesurer la résistance d'isolement entre:

- a) toutes les paires possibles de pièces dangereuses au toucher ou d'enroulements;
- b) toutes les pièces dangereuses au toucher et toutes autres parties métalliques telles que le noyau, le boîtier ou les vis de fixation.

La résistance d'isolement doit être supérieure ou égale à 20 M Ω après application de 500 V (courant continu) pendant une durée suffisante pour la stabilisation de la valeur indiquée.

41.2 *Insulation*

The material used for any insulation purpose shall be Class E or better, as defined in IEC Publication 85.

41.3 *Marking*

The following information is to be given:

- a) nominal self-inductance;
- b) nominal current;
- c) nominal voltage;
- d) maximum operating temperature in free air;
- e) manufacturer's name or trade-mark;
- f) type designation or catalogue number;
- g) reference to this report.

42. *Routine tests*

42.1 *Self-inductance*

The self-inductance shall be measured under "no load" conditions. The measured self-inductance shall be within 25% of the nominal self-inductance.

42.2 *Voltage proof*

All inductors shall be subjected to high-voltage tests by application of a test voltage at 50 Hz or 60 Hz for a duration of 1 s applied between:

- a) all possible pairs of live parts or windings;
- b) all live parts and any other metallic parts such as the core, case or mounting screws.

The test voltages shall be:

- 2 kV (r.m.s.) for inductors with nominal voltages below 380 V;
- 2.5 kV (r.m.s.) for inductors with nominal voltages between 380 V and 500 V.

42.3 *Insulation resistance*

The insulation resistance shall be measured across:

- a) all possible pairs of live parts or windings;
- b) all live parts and any other metallic parts such as the core, case or mounting screws.

The insulation resistance shall be not less than 20 M Ω after the application of 500 V d.c., applied for a sufficient length of time for the reading to become steady.

43. Essais de type

43.1 Programme des essais de type

Toutes les inductances à soumettre aux essais de type doivent avoir subi avec succès les essais individuels de série de l'article 42. Vérifier alors la conformité des inductances aux dimensions spécifiées. En outre, si les bobines d'inductance sont de construction non métallique, une feuille métallique doit être enroulée étroitement autour du corps de l'inductance en réservant une distance d'isolement de 5 mm au plus autour de toute pièce dangereuse au toucher accessible. Appliquer la tension d'épreuve entre cette feuille et le bobinage sans décharge disruptive.

Quatorze bobines au total doivent ensuite être soumises aux essais dans l'ordre suivant:

Lot A (cinq inductances)

- Chute de tension en conditions de charge maximale.
- Capacité propre.
- Facteur de surtension à la fréquence propre de résonance.
- Robustesse des sorties.
- Soudure.
- Vibrations.
- Secousses.
- Séquence climatique:
 - chaleur sèche;
 - chaleur humide (accélérée) (premier cycle);
 - froid;
 - chaleur humide (accélérée) (cycles restants).
- Mesures finales.

Lot B (cinq inductances)

- Chaleur humide (longue durée).

Lot C (deux inductances)

- Surintensité et échauffement.

Lot D (deux inductances)

- Court-circuit.

43.2 Robustesse des sorties

Procéder aux essais de robustesse des sorties figurant aux essais U_{a1} , U_b , U_c et U_d de la Publication 68-2-21 de la CEI. Vérifier que les prescriptions applicables sont satisfaites.

Essai U_{a1} (traction)

Pour tous les types de sorties sauf par fil, adopter la force de 20 N.

Pour les sorties par fils, les forces du tableau ci-dessous:

Section du fil (mm ²)	Force (N)
Supérieure à 0,5	20
Au-dessus de 0,2 à 0,5 inclus	10
Inférieure à 0,2 inclus	5

43. Type tests

43.1 Schedule of type tests

All inductors for type tests shall have successfully met the routine tests of Clause 42. The inductors shall then be checked for conformity with the specified dimensions. In addition, if the inductors are of non-metallic construction, a metal foil shall be closely wrapped around the inductor to within 5 mm of any exposed live part. The test voltage shall be applied between this foil and the winding without any breakdown.

A total of 14 inductors shall then be tested in the following order:

Lot A (five inductors)

Voltage drop under maximum loading conditions.

Self-capacitance.

“Q” at self-resonance.

Robustness of terminations.

Soldering.

Vibration.

Bumping.

Climatic sequence:

- dry heat;
- damp heat (accelerated) (first cycle);
- cold;
- damp heat (accelerated) (remaining cycles).

Final measurements.

Lot B (five inductors)

Damp heat (long term).

Lot C (two inductors)

Overcurrent and heating.

Lot D (two inductors)

Short circuit.

43.2 Robustness of terminations

The requirements for robustness of terminations as given in IEC Publication 68-2-21 Tests U_{a1} , U_b , U_c and U_d shall be met as applicable.

Test U_{a1} (tensile stress)

For all types of terminations except wire terminations, apply a force of 20 N.

For wire terminations, as in the following table:

Cross-sectional area of wire (mm ²)	Force (N)
Exceeding 0.5	20
Exceeding 0.2 up to and including 0.5	10
Up to and including 0.2	5

Essai Ub (pliage)

Soumettre les sorties de deux échantillons à deux pliages consécutifs, sans cassure.

Essai Uc (torsion)

Soumettre les sorties à une torsion de deux tours consécutifs (sévérité 2) sur les trois échantillons restants. Il ne doit pas se produire de cassure.

Essai Ud (couple, pour sorties filetées)

Appliquer un couple de moment indiqué dans le tableau suivant:

Diamètre du filetage (mm)	Moment du couple (Nm)
3,0	0,5
3,5	0,75
4,0	1,0
5,0	1,5
5,5	2,0
6,0	2,5
8,0	3,0

Aucune détérioration ne doit être visible.

43.3 *Soudure*

Les sorties à souder doivent répondre aux prescriptions de l'article 14 de la Publication 161 de la CEI. En variante, l'essai à la goutte de soudure de la Publication 68-2-20 de la CEI doit être subi avec succès.

43.4 *Vibrations*

Appliquer les prescriptions de l'essai Fc de la Publication 62-2-6 de la CEI, avec une sévérité spécifiée IV.

43.5 *Secousses*

Appliquer les prescriptions de l'essai Eb, de la Publication 68-2-29 de la CEI.

43.6 *Chaleur sèche*

Appliquer les prescriptions de l'essai Ba de la Publication 68-2-2 de la CEI.

43.7 *Chaleur humide accélérée (premier cycle)*

Appliquer les prescriptions relatives au premier cycle de l'essai D de la Publication 68-2-4 de la CEI, avec le degré de sévérité IV.

43.8 *Froid*

Appliquer les prescriptions de l'essai A de la Publication 68-2-1 de la CEI pour les composants prévus pour -55°C .

Test Ub (bending)

Two consecutive bends shall be applied to two samples without fracture.

Test Uc (torsion)

Two consecutive rotations (severity 2) are to be applied to the three remaining samples without fracture.

Test Ud (torque for threaded terminations)

A torque as set out in the following table shall be applied:

Thread diameter (mm)	Torque (Nm)
3.0	0.5
3.5	0.75
4.0	1.0
5.0	1.5
5.5	2.0
6.0	2.5
8.0	3.0

There shall be no visual damage.

43.3 Soldering

Soldering terminations shall meet the requirements of Clause 14 of IEC Publication 161. Alternatively, the solder globule test of IEC Publication 68-2-20 shall be complied with.

43.4 Vibration

The requirements of Test Fc of IEC Publication 68-2-6 shall be met with a specified severity IV.

43.5 Bumping

The requirements of Test Eb of IEC Publication 68-2-29 shall be met.

43.6 Dry heat

The requirements of Test Ba of IEC Publication 68-2-2 shall be met.

43.7 Damp heat (accelerated) (first cycle)

The requirements of damp heat (first cycle) Test D of IEC Publication 68-2-4 shall be met with severity IV.

43.8 Cold test

The requirements of Test A of IEC Publication 68-2-1 shall be met as for -55°C components.

43.9 *Chaleur humide accélérée (cycles restants)*

Appliquer les prescriptions relatives aux cycles restants de l'essai D de la Publication 68-2-4 de la CEI, avec le degré de sévérité IV (cinq cycles).

Mesures finales

A l'issue de ces essais, les inductances ne doivent présenter aucune détérioration. Renouveler les contrôles d'inductance, de rigidité diélectrique et de résistance d'isolement. Les résultats doivent toujours correspondre aux spécifications d'origine.

43.10 *Chaleur humide (longue durée)*

Appliquer les prescriptions de l'essai Ca de la Publication 68-2-3 de la CEI, avec une exposition de 56 jours.

A l'issue de ces essais, les inductances ne doivent présenter aucune détérioration. Renouveler les contrôles d'inductance, de rigidité diélectrique et de résistance d'isolement. Les résultats doivent toujours correspondre aux spécifications d'origine.

43.11 *Surintensités et échauffement*

Porter les inductances à leur température de fonctionnement maximale. Appliquer un courant de 1,1 fois le courant nominal jusqu'à l'obtention d'une température stable. La température maximale des isolants ne doit pas alors dépasser celle qui correspond à la classe des matières isolantes utilisées. Procéder alors à l'essai de rigidité diélectrique, les bobines étant à leur température stable maximale. Vérifier l'absence de décharges disruptives. Après refroidissement, contrôler l'inductance propre et la résistance d'isolement.

43.12 *Court-circuit*

Les inductances doivent supporter, sans explosion ni inflammation, un courant de dix fois le courant nominal, appliqué pendant 20 ms. Pour les inductances destinées à être insérées dans les connexions de masse, la chute de tension mesurée aux bornes de la bobine, dans les conditions ci-dessus, ne doit pas dépasser 50 V.

A l'issue de cet essai, mesurer la résistance d'isolement. Elle doit être supérieure à 20 M Ω . La conductivité ne doit pas être altérée.

SECTION DOUZE — PRESCRIPTIONS SPÉCIALES POUR LES FILTRES

44. Généralités

44.1 Les ensembles d'inductances ou de condensateurs montés dans un boîtier commun sont classés comme filtres. Ces filtres peuvent être soit ouverts, soit scellés. S'ils sont ouverts, leurs composants doivent répondre individuellement aux prescriptions des sections de cette publication qui les concernent.

Si les filtres sont scellés, ils doivent comprendre:

- soit uniquement des composants qui répondent individuellement aux prescriptions des sections de cette publication qui les concernent,
- soit des composants qui ne répondent pas individuellement aux prescriptions des sections de cette publication qui les concernent. Dans ce cas, le filtre doit être conforme aux essais de type indiqués dans la présente section.

43.9 *Damp heat (accelerated) (remaining cycles)*

The requirements of the accelerated damp heat (remaining cycles) Test D of IEC Publication 68-2-4 shall be met with severity IV (five cycles).

Final measurements

There shall be no damage at the conclusion of these tests. The inductance, voltage proof and insulation resistance checks shall be repeated and the results still meet the original specifications.

43.10 *Damp heat (long term)*

The requirements of Test Ca damp heat (long term) of IEC Publication 68-2-3 shall be met for a 56-day exposure.

There shall be no damage at the conclusion of these tests. The inductance, voltage proof and insulation resistance checks shall again be carried out and the results still meet the original specifications.

43.11 *Overcurrent and temperature rise*

The inductors shall be raised to their maximum operating temperature and 1.1 times the nominal current passed through until a final steady temperature is reached. The maximum temperature of the insulation shall then not exceed that appropriate to the class of insulation used. The voltage test shall be applied without breakdown whilst the inductors are at their maximum steady temperature. Upon cooling, the inductors shall pass the self-inductance and insulation tests.

43.12 *Short circuit*

The inductors shall withstand, without exploding or catching fire, a current of ten times the nominal current applied for 20 ms. In the case of inductors intended for use in earth leads, the voltage drop measured across the inductor terminals under the above condition shall not exceed 50 V.

After this test, the insulation resistance shall be measured and shall be greater than 20 M Ω . The conductivity shall remain unimpaired.

SECTION TWELVE — SPECIAL REQUIREMENTS FOR FILTERS

44. **General**

44.1 Assemblies of inductors and/or capacitors in a common container are classed as filters. Such filters may be either open or sealed. If the filters are open, their components shall individually meet the requirements of the sections of this publication relevant to these components.

If the filters are sealed, then they shall:

- either include only components which individually meet the requirements of the sections of this publication relevant to those components,
- or include components which individually do not meet the requirements of the sections of this publication relevant to those components. In this case, the filter shall conform with the type tests shown in this section.

44.2 Marquage

Les informations suivantes doivent être marquées dans l'ordre indiqué:

- a) courant nominal;
- b) tension nominale et plage nominale de fréquences du réseau;
- c) température maximale de fonctionnement;
- d) indication de la méthode correcte de montage avec schéma du circuit;
- e) nom du fabricant ou marque de fabrique;
- f) désignation du type par le fabricant ou numéro de catalogue;
- g) année de fabrication indiquée en clair (*non* en code);
- h) référence à la norme nationale appropriée au filtre.

45. Essais individuels de série

45.1 Rigidité diélectrique

Tous les filtres doivent supporter, sans décharge disruptive ni contournement, une tension d'épreuve de 1 500 V (valeur efficace) à 50 Hz ou 60 Hz, appliquée pendant 1 s entre:

- a) toutes les bornes raccordées entre elles et toutes autres parties métalliques accessibles telles que le boîtier ou les vis de fixation;
- b) si le boîtier n'est pas métallique, une feuille métallique doit être enroulée étroitement autour du corps du filtre en réservant une distance d'isolement de 5 mm au plus autour de toute pièce dangereuse au toucher accessible ou de toute sortie. Appliquer la tension d'épreuve entre cette feuille et des pièces ou sorties raccordées.

45.2 Résistance d'isolement

Mesurer la résistance d'isolement à 500 V (courant continu) comme au paragraphe 39.3. Elle doit être supérieure ou égale à 20 M Ω .

46. Essais de type

46.1 Programme des essais de type

Il est prévu que tous les composants d'un filtre doivent être soumis à tous les essais de type applicables. De telles vérifications peuvent cependant être exécutées sur les composants individuels avant montage ou, après montage, sur des sorties accessibles du filtre.

Tous les filtres soumis aux essais de type doivent avoir subi avec succès les essais individuels de série de l'article 45. Soumettre un lot comprenant deux échantillons aux essais suivants:

46.2 Caractéristiques aux fréquences radioélectriques

Le fabricant doit déterminer et fournir la courbe d'affaiblissement d'insertion dans la plage des fréquences de fonctionnement du filtre, selon une méthode analogue à celle décrite pour les condensateurs à l'annexe C de la Publication 161 de la CEI.

44.2 Marking

The following marking information in the order given is required:

- a) nominal current;
- b) nominal voltage and power frequency range;
- c) maximum operating temperature;
- d) indication of the correct method of connection with a circuit diagram;
- e) manufacturer's name or trade-mark;
- f) manufacturer's type designation or catalogue number;
- g) year of manufacture, clearly indicated (i.e. *not* in code);
- h) reference to the national specification appropriate to the filter.

45. Routine tests

45.1 Voltage proof

All filters shall withstand without breakdown or flashover a test voltage of 1 500 V (r.m.s.) at 50 Hz or 60 Hz applied for 1 s between:

- a) all terminals connected together and any other accessible metallic parts such as the case or mounting screws;
- b) where the case is non-metallic, a metal foil shall be closely wrapped around the body of the case to within 5 mm of any exposed live parts or terminations. The test voltage shall be applied between the foil and the live parts or terminations connected together.

45.2 Insulation resistance

The insulation resistance shall be measured at 500 V (d.c.) as in Sub-clause 39.3 and be not less than 20 M Ω .

46. Type tests

46.1 Schedule of type tests

It is intended that all components in filter assemblies shall be subjected to all the relevant type tests. Such checks may, however, be carried out on individual components before assembly or through accessible terminations on the filter unit after assembly.

All filters submitted to type tests shall have successfully met the routine tests of Clause 45. A lot comprising two samples shall be submitted to the following tests:

46.2 Radio-frequency characteristics

The manufacturer shall determine and provide the insertion loss curve over the operating frequency range of the filter when determined by a method similar to that described for capacitors in Appendix C of IEC Publication 161.