

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**61935-1**

Première édition  
First edition  
2000-07

---

---

**Systèmes de câblage générique –  
Spécification pour les essais de câblage  
de télécommunications équilibrées  
selon l'ISO/CEI 11801 –**

**Partie 1:  
Câblages installés**

**Generic cabling systems –  
Specification for the testing of balanced  
communication cabling in accordance with  
ISO/IEC 11801 –**

**Part 1:  
Installed cabling**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 61935-1:2000

## Numéros des publications

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

## Publications consolidées

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

## Validité de la présente publication

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

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

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

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

## Terminologie, symboles graphiques et littéraux

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

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

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

## Numbering

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

## Consolidated publications

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

## Validity of this publication

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

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

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

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

## Terminology, graphical and letter symbols

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

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

\* See web site address on title page.

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**61935-1**

Première édition  
First edition  
2000-07

---

---

**Systèmes de câblage générique –  
Spécification pour les essais de câblage  
de télécommunications équilibrées  
selon l'ISO/CEI 11801 –**

**Partie 1:  
Câblages installés**

**Generic cabling systems –  
Specification for the testing of balanced  
communication cabling in accordance with  
ISO/IEC 11801 –**

**Part 1:  
Installed cabling**

© IEC 2000 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission  
Telefax: +41 22 919 0300

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



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE **XB**

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

## SOMMAIRE

|                                                                                  | Pages |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------|
| AVANT-PROPOS .....                                                               | 12    |
| INTRODUCTION .....                                                               | 14    |
| Articles                                                                         |       |
| 1 Domaine d'application .....                                                    | 16    |
| 2 Références normatives.....                                                     | 16    |
| 3 Définitions.....                                                               | 18    |
| 4 Procédures de mesures de référence pour les propriétés électriques.....        | 24    |
| 4.1 Introduction.....                                                            | 24    |
| 4.2 Considérations relatives au matériel d'essai .....                           | 24    |
| 4.2.1 Prescriptions d'essai des analyseurs de réseaux .....                      | 24    |
| 4.2.2 Terminaison des paires de conducteurs.....                                 | 24    |
| 4.2.3 Charges de référence pour étalonnage .....                                 | 26    |
| 4.2.4 Configurations d'essai.....                                                | 28    |
| 4.2.5 Câbles coaxiaux et cordons d'essai pour analyseurs de réseaux.....         | 28    |
| 4.2.6 Prescriptions pour les symétriseurs d'antennes.....                        | 30    |
| 4.2.7 Précautions concernant les mesures par l'analyseur de réseaux .....        | 32    |
| 4.2.8 Compte rendu et précision.....                                             | 34    |
| 4.3 Résistance en boucle en courant continu.....                                 | 34    |
| 4.3.1 Objet.....                                                                 | 34    |
| 4.3.2 Méthode d'essai.....                                                       | 34    |
| 4.3.3 Matériel et montage d'essai.....                                           | 36    |
| 4.3.4 Procédure.....                                                             | 36    |
| 4.3.5 Procès-verbal d'essai.....                                                 | 36    |
| 4.3.6 Incertitude.....                                                           | 36    |
| 4.4 Atténuation .....                                                            | 38    |
| 4.4.1 Objet.....                                                                 | 38    |
| 4.4.2 Méthode d'essai.....                                                       | 38    |
| 4.4.3 Matériel et montage d'essai.....                                           | 38    |
| 4.4.4 Procédure .....                                                            | 38    |
| 4.4.5 Procès-verbal d'essai .....                                                | 40    |
| 4.4.6 Correction de température.....                                             | 40    |
| 4.4.7 Incertitude.....                                                           | 40    |
| 4.5 Temps de propagation et biais temporel .....                                 | 40    |
| 4.5.1 Objet.....                                                                 | 40    |
| 4.5.2 Méthode d'essai .....                                                      | 40    |
| 4.5.3 Matériel et montage d'essai.....                                           | 42    |
| 4.5.4 Procédure .....                                                            | 42    |
| 4.5.5 Procès-verbal d'essai .....                                                | 42    |
| 4.5.6 Incertitude des mesures du temps de propagation et du biais temporel ..... | 42    |
| 4.6 Paradiaphonie (NEXT) paire à paire et somme des puissances .....             | 44    |
| 4.6.1 Objet.....                                                                 | 44    |
| 4.6.2 Méthode d'essai .....                                                      | 44    |

## CONTENTS

|                                                                          | Page |
|--------------------------------------------------------------------------|------|
| FOREWORD .....                                                           | 13   |
| INTRODUCTION .....                                                       | 15   |
| Clause                                                                   |      |
| 1 Scope .....                                                            | 17   |
| 2 Normative references .....                                             | 17   |
| 3 Definitions .....                                                      | 19   |
| 4 Reference measurement procedures for electrical properties .....       | 25   |
| 4.1 Introduction .....                                                   | 25   |
| 4.2 Test equipment considerations .....                                  | 25   |
| 4.2.1 Network analyzer test requirements .....                           | 25   |
| 4.2.2 Termination of conductor pairs .....                               | 25   |
| 4.2.3 Reference loads for calibration .....                              | 27   |
| 4.2.4 Test configurations .....                                          | 29   |
| 4.2.5 Coaxial cables and test leads for network analyzers .....          | 29   |
| 4.2.6 Balun requirements .....                                           | 31   |
| 4.2.7 Network analyzer measurement precautions .....                     | 33   |
| 4.2.8 Data reporting and accuracy .....                                  | 35   |
| 4.3 DC loop resistance .....                                             | 35   |
| 4.3.1 Object .....                                                       | 35   |
| 4.3.2 Test method .....                                                  | 35   |
| 4.3.3 Test equipment and set-up .....                                    | 37   |
| 4.3.4 Procedure .....                                                    | 37   |
| 4.3.5 Test report .....                                                  | 37   |
| 4.3.6 Uncertainty .....                                                  | 37   |
| 4.4 Attenuation .....                                                    | 39   |
| 4.4.1 Object .....                                                       | 39   |
| 4.4.2 Test method .....                                                  | 39   |
| 4.4.3 Test equipment and set-up .....                                    | 39   |
| 4.4.4 Procedure .....                                                    | 39   |
| 4.4.5 Test report .....                                                  | 41   |
| 4.4.6 Temperature correction .....                                       | 41   |
| 4.4.7 Uncertainty .....                                                  | 41   |
| 4.5 Propagation delay and delay skew .....                               | 41   |
| 4.5.1 Object .....                                                       | 41   |
| 4.5.2 Test method .....                                                  | 41   |
| 4.5.3 Test equipment and set-up .....                                    | 43   |
| 4.5.4 Procedure .....                                                    | 43   |
| 4.5.5 Test report .....                                                  | 43   |
| 4.5.6 Uncertainty of propagation delay and delay skew measurements ..... | 43   |
| 4.6 Near-end cross-talk (NEXT) pair-to-pair and power sum .....          | 45   |
| 4.6.1 Object .....                                                       | 45   |
| 4.6.2 Test method .....                                                  | 45   |

| Articles                                                                                                                            | Pages |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 4.6.3 Matériel et montage d'essai .....                                                                                             | 44    |
| 4.6.4 Procédure .....                                                                                                               | 46    |
| 4.6.5 Procès-verbal d'essai .....                                                                                                   | 48    |
| 4.6.6 Incertitude des mesures de paradiaphonie .....                                                                                | 48    |
| 4.7 Télédiaphonie (FEXT) paire à paire et somme des puissances .....                                                                | 48    |
| 4.7.1 Objet .....                                                                                                                   | 48    |
| 4.7.2 Méthode d'essai .....                                                                                                         | 48    |
| 4.7.3 Matériel et montage d'essai .....                                                                                             | 48    |
| 4.7.4 Procédure .....                                                                                                               | 50    |
| 4.7.5 Procès-verbal d'essai .....                                                                                                   | 52    |
| 4.7.6 Incertitude des mesures de télédiaphonie .....                                                                                | 52    |
| 4.8 Télédiaphonie de niveau égal (ELFEXT) .....                                                                                     | 52    |
| 4.8.1 Objet .....                                                                                                                   | 52    |
| 4.8.2 Calcul .....                                                                                                                  | 52    |
| 4.8.3 Procès-verbal d'essai .....                                                                                                   | 54    |
| 4.8.4 Incertitude des mesures de télédiaphonie de niveau égal .....                                                                 | 54    |
| 4.9 Perte par réflexion .....                                                                                                       | 54    |
| 4.9.1 Objet .....                                                                                                                   | 54    |
| 4.9.2 Méthode d'essai .....                                                                                                         | 54    |
| 4.9.3 Matériel et montage d'essai .....                                                                                             | 54    |
| 4.9.4 Procédure .....                                                                                                               | 56    |
| 4.9.5 Procès-verbal d'essai .....                                                                                                   | 56    |
| 4.9.6 Incertitude des mesures de la perte par réflexion .....                                                                       | 56    |
| 4.10 Atténuation de déséquilibre .....                                                                                              | 56    |
| 4.11 Atténuation de l'accouplement .....                                                                                            | 56    |
| 5 Prescriptions concernant les mesures d'essai sur le terrain pour les propriétés électriques .....                                 | 56    |
| 5.1 Introduction .....                                                                                                              | 56    |
| 5.2 Configurations de câblage soumises à essai .....                                                                                | 58    |
| 5.3 Paramètres des essais sur le terrain .....                                                                                      | 58    |
| 5.3.1 Généralités .....                                                                                                             | 58    |
| 5.3.2 Inspection de la qualité du travail et essais de connectivité .....                                                           | 58    |
| 5.3.3 Temps de propagation et biais temporel .....                                                                                  | 62    |
| 5.3.4 Longueur .....                                                                                                                | 62    |
| 5.3.5 Atténuation .....                                                                                                             | 64    |
| 5.3.6 Perte par paradiaphonie, paire à paire, perte par paradiaphonie de la somme des puissances .....                              | 64    |
| 5.3.7 Perte par télédiaphonie de niveau égal paire à paire, perte par télédiaphonie de niveau égal de la somme des puissances ..... | 66    |
| 5.3.8 Perte par réflexion .....                                                                                                     | 66    |
| 5.3.9 Résistance en boucle en courant continu .....                                                                                 | 66    |
| 5.4 Compte-rendu et précision .....                                                                                                 | 68    |
| 5.4.1 Généralités .....                                                                                                             | 68    |
| 5.4.2 Résultats détaillés .....                                                                                                     | 70    |
| 5.4.3 Résultats sommaires .....                                                                                                     | 70    |

| Clause                                                                | Page |
|-----------------------------------------------------------------------|------|
| 4.6.3 Test equipment and set-up .....                                 | 45   |
| 4.6.4 Procedure .....                                                 | 47   |
| 4.6.5 Test report .....                                               | 49   |
| 4.6.6 Uncertainty of NEXT measurements .....                          | 49   |
| 4.7 Far-end cross-talk (FEXT) pair-to-pair and power sum .....        | 49   |
| 4.7.1 Object .....                                                    | 49   |
| 4.7.2 Test method .....                                               | 49   |
| 4.7.3 Test equipment and set-up .....                                 | 49   |
| 4.7.4 Procedure .....                                                 | 51   |
| 4.7.5 Test report .....                                               | 53   |
| 4.7.6 Uncertainty of FEXT measurements .....                          | 53   |
| 4.8 Equal level far-end cross-talk (ELFEXT) .....                     | 53   |
| 4.8.1 Object .....                                                    | 53   |
| 4.8.2 Calculation .....                                               | 53   |
| 4.8.3 Test report .....                                               | 55   |
| 4.8.4 Uncertainty of ELFEXT measurements .....                        | 55   |
| 4.9 Return loss .....                                                 | 55   |
| 4.9.1 Object .....                                                    | 55   |
| 4.9.2 Test method .....                                               | 55   |
| 4.9.3 Test equipment and set-up .....                                 | 55   |
| 4.9.4 Procedure .....                                                 | 57   |
| 4.9.5 Test report .....                                               | 57   |
| 4.9.6 Uncertainty of return loss measurements .....                   | 57   |
| 4.10 Unbalance attenuation .....                                      | 57   |
| 4.11 Coupling attenuation .....                                       | 57   |
| 5 Field test measurement requirements for electrical properties ..... | 57   |
| 5.1 Introduction .....                                                | 57   |
| 5.2 Cabling configurations tested .....                               | 59   |
| 5.3 Field test parameters .....                                       | 59   |
| 5.3.1 General .....                                                   | 59   |
| 5.3.2 Inspection of workmanship and connectivity testing .....        | 59   |
| 5.3.3 Propagation delay and delay skew .....                          | 63   |
| 5.3.4 Length .....                                                    | 63   |
| 5.3.5 Attenuation .....                                               | 65   |
| 5.3.6 Pair-to-pair NEXT loss, power sum NEXT loss .....               | 65   |
| 5.3.7 Pair-to-pair ELFEXT loss, power sum ELFEXT loss .....           | 67   |
| 5.3.8 Return loss .....                                               | 67   |
| 5.3.9 DC loop resistance .....                                        | 67   |
| 5.4 Data reporting and accuracy .....                                 | 69   |
| 5.4.1 General .....                                                   | 69   |
| 5.4.2 Detailed results .....                                          | 71   |
| 5.4.3 Summary results .....                                           | 71   |

| Articles                                                                                                                                          | Pages |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 5.5 Procédures de mesures sur le terrain .....                                                                                                    | 76    |
| 5.5.1 Généralités .....                                                                                                                           | 76    |
| 5.5.2 Vérification de la cohérence pour les appareils de contrôle sur le terrain....                                                              | 76    |
| 5.5.3 Répétabilité des essais sur une liaison de référence .....                                                                                  | 76    |
| 5.5.4 Répétabilité des essais par des essais sur la même liaison<br>dans des sens opposés .....                                                   | 76    |
| 5.5.5 Administration .....                                                                                                                        | 78    |
| 5.5.6 Connecteurs et cordons des matériels d'essai .....                                                                                          | 78    |
| 5.5.7 Cordons d'utilisateur.....                                                                                                                  | 78    |
| 6 Prescriptions concernant la précision des mesures des appareils de contrôle<br>sur le terrain.....                                              | 78    |
| 6.1 Généralités .....                                                                                                                             | 78    |
| 6.2 Spécifications de précision des mesures pour les appareils de contrôle<br>sur le terrain de niveau IIE .....                                  | 80    |
| 6.2.1 Prescriptions pour les appareils de contrôle sur le terrain pour<br>le temps de propagation .....                                           | 86    |
| 6.2.2 Prescriptions pour les appareils de contrôle sur le terrain pour le biais<br>temporel.....                                                  | 86    |
| 6.2.3 Prescriptions pour les appareils de contrôle sur le terrain pour<br>la longueur .....                                                       | 86    |
| 6.2.4 Prescriptions pour les appareils de contrôle sur le terrain pour<br>la résistance en courant continu .....                                  | 86    |
| 6.3 Procédures pour déterminer les paramètres des appareils de contrôle<br>sur le terrain .....                                                   | 88    |
| 6.3.1 Généralités .....                                                                                                                           | 88    |
| 6.3.2 Equilibre du signal de sortie (OSB) .....                                                                                                   | 88    |
| 6.3.3 Rejection en mode commun (CMR) .....                                                                                                        | 88    |
| 6.3.4 Perte par paradiaphonie résiduelle .....                                                                                                    | 90    |
| 6.3.5 Précision dynamique.....                                                                                                                    | 92    |
| 6.3.6 Perte par réflexion source/charge .....                                                                                                     | 92    |
| 6.3.7 Seuil de bruit aléatoire.....                                                                                                               | 94    |
| 6.3.8 Perte par télédiaphonie résiduelle.....                                                                                                     | 94    |
| 6.3.9 Directivité.....                                                                                                                            | 96    |
| 6.3.10 Suivi.....                                                                                                                                 | 96    |
| 6.3.11 Adaptation de la source .....                                                                                                              | 98    |
| 6.3.12 Perte par réflexion de la terminaison éloignée.....                                                                                        | 98    |
| 6.3.13 Terme d'erreur constante de la fonction de mesure du temps<br>de propagation .....                                                         | 98    |
| 6.3.14 Constante d'erreur proportionnelle au temps de propagation<br>de la fonction de mesure du temps de propagation .....                       | 98    |
| 6.3.15 Terme d'erreur constante de la fonction de mesure du biais temporel .....                                                                  | 100   |
| 6.3.16 Terme d'erreur constante de la fonction de mesure de la longueur.....                                                                      | 100   |
| 6.3.17 Constante d'erreur proportionnelle à la longueur de la fonction<br>de mesure de la longueur .....                                          | 100   |
| 6.3.18 Terme d'erreur constante de la fonction de mesure de la résistance<br>en courant continu.....                                              | 100   |
| 6.3.19 Constante d'erreur proportionnelle à la résistance en courant continu<br>de la fonction de mesure de la résistance en courant continu..... | 100   |

| Clause                                                                                                      | Page |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 5.5 Field measurement procedures .....                                                                      | 77   |
| 5.5.1 General .....                                                                                         | 77   |
| 5.5.2 Consistency checks for field testers .....                                                            | 77   |
| 5.5.3 Repeatability of tests on a reference link .....                                                      | 77   |
| 5.5.4 Repeatability of tests by testing the same link in opposite directions .....                          | 77   |
| 5.5.5 Administration .....                                                                                  | 79   |
| 5.5.6 Test equipment connectors and cords .....                                                             | 79   |
| 5.5.7 User cords .....                                                                                      | 79   |
| 6 Field tester measurement accuracy requirements .....                                                      | 79   |
| 6.1 General .....                                                                                           | 79   |
| 6.2 Measurement accuracy specification for level IIE field testers .....                                    | 81   |
| 6.2.1 Field test equipment requirements for propagation delay .....                                         | 87   |
| 6.2.2 Field test equipment requirements for delay skew .....                                                | 87   |
| 6.2.3 Field test equipment requirements for length .....                                                    | 87   |
| 6.2.4 Field test equipment requirements for loop d.c. resistance .....                                      | 87   |
| 6.3 Procedures for determining field tester parameters .....                                                | 89   |
| 6.3.1 General .....                                                                                         | 89   |
| 6.3.2 Output signal balance (OSB) .....                                                                     | 89   |
| 6.3.3 Common mode rejection (CMR) .....                                                                     | 89   |
| 6.3.4 Residual NEXT loss .....                                                                              | 91   |
| 6.3.5 Dynamic accuracy .....                                                                                | 93   |
| 6.3.6 Source/load return loss .....                                                                         | 93   |
| 6.3.7 Random noise floor .....                                                                              | 95   |
| 6.3.8 Residual FEXT loss .....                                                                              | 95   |
| 6.3.9 Directivity .....                                                                                     | 97   |
| 6.3.10 Tracking .....                                                                                       | 97   |
| 6.3.11 Source match .....                                                                                   | 99   |
| 6.3.12 Return loss of remote termination .....                                                              | 99   |
| 6.3.13 Constant error term of the propagation delay measurement function .....                              | 99   |
| 6.3.14 Error constant proportional to propagation delay of the propagation delay measurement function ..... | 99   |
| 6.3.15 Constant error term of the delay skew measurement function .....                                     | 101  |
| 6.3.16 Constant error term of the length measurement function .....                                         | 101  |
| 6.3.17 Error constant proportional to length of the length measurement function .....                       | 101  |
| 6.3.18 Constant error term of the d.c. resistance measurement function .....                                | 101  |
| 6.3.19 Error constant proportional to d.c. resistance of the d.c. resistance measurement function .....     | 101  |

| Articles                                                                                                                                                                     | Pages |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 6.3.20 Procédure pour vérifier la performance des câbles d'essai.....                                                                                                        | 100   |
| 6.3.21 Procédure pour vérifier la performance de l'adaptateur d'essai .....                                                                                                  | 102   |
| 6.4 Modèles d'erreurs de mesure .....                                                                                                                                        | 102   |
| 6.4.1 Généralités .....                                                                                                                                                      | 102   |
| 6.4.2 Modèle d'erreur pour la fonction de mesure de l'atténuation des<br>appareils de contrôle de niveau IIE .....                                                           | 102   |
| 6.4.3 Modèle d'erreur pour la fonction de mesure de la perte par<br>paradiaphonie paire à paire des appareils de contrôle niveau IIE .....                                   | 104   |
| 6.4.4 Modèle d'erreur pour la fonction de mesure de la perte par paradiaphonie<br>de la somme des puissances des appareils de contrôle de niveau IIE .....                   | 104   |
| 6.4.5 Modèle d'erreur pour la fonction de mesure de la perte par télédiaphonie<br>de niveau égal, paire à paire des appareils de contrôle de niveau IIE .....                | 104   |
| 6.4.6 Modèle d'erreur pour la fonction de mesure de la perte par télédiaphonie<br>de niveau égal de la somme des puissances des appareils de contrôle<br>de niveau IIE ..... | 108   |
| 6.4.7 Modèle d'erreur pour la fonction de mesure de la perte par réflexion<br>des appareils de contrôle de niveau IIE .....                                                  | 108   |
| 6.4.8 Modèle d'erreur pour la fonction de mesure du temps de propagation<br>des appareils de contrôle de niveau IIE .....                                                    | 110   |
| 6.4.9 Modèle d'erreur pour la fonction de mesure du biais temporel des<br>appareils de contrôle de niveau IIE .....                                                          | 110   |
| 6.4.10 Modèle d'erreur pour la fonction de mesure de la longueur des appareils<br>de contrôle de niveau IIE .....                                                            | 110   |
| 6.4.11 Modèle d'erreur pour la fonction de mesure de la résistance en boucle<br>en courant continu des appareils de contrôle de niveau IIE .....                             | 112   |
| 6.5 Comparaisons des mesures de l'analyseur de réseaux .....                                                                                                                 | 112   |
| 6.5.1 Généralités .....                                                                                                                                                      | 112   |
| 6.5.2 Adaptateurs .....                                                                                                                                                      | 112   |
| 6.5.3 Méthodes de comparaison .....                                                                                                                                          | 116   |
| Figure 1 – Charge à résistance .....                                                                                                                                         | 26    |
| Figure 2 – Plans de référence pour liaison permanente et voie .....                                                                                                          | 28    |
| Figure 3 – Hybride à 180° utilisé comme symétriseur d'antennes .....                                                                                                         | 30    |
| Figure 4 – Mesure de la résistance en boucle .....                                                                                                                           | 36    |
| Figure 5 – Configuration de l'essai d'atténuation .....                                                                                                                      | 38    |
| Figure 6 – Configuration d'essai de perte par paradiaphonie .....                                                                                                            | 44    |
| Figure 7 – Configuration d'essai de perte par télédiaphonie .....                                                                                                            | 50    |
| Figure 8 – Configuration d'essai des pertes par réflexion .....                                                                                                              | 54    |
| Figure 9 – Formation correcte des paires .....                                                                                                                               | 60    |
| Figure 10 – Formation incorrecte des paires .....                                                                                                                            | 60    |
| Figure 11 – Exemple de zone de tolérance des matériels (NEXT) .....                                                                                                          | 68    |
| Figure 12 – Schéma fonctionnel de mesure de l'équilibre du signal de sortie .....                                                                                            | 88    |
| Figure 13 – Schéma fonctionnel de mesure de la réjection en mode commun .....                                                                                                | 90    |
| Figure 14 – Schéma fonctionnel de mesure de la perte par paradiaphonie résiduelle .....                                                                                      | 92    |
| Figure 15 – Schéma fonctionnel de mesure de la précision dynamique .....                                                                                                     | 92    |
| Figure 16 – Principe de mesure de la perte par télédiaphonie résiduelle .....                                                                                                | 94    |
| Figure 17 – Principe de mesure alternative de la perte par télédiaphonie résiduelle .....                                                                                    | 96    |
| Figure 18 – Détails de construction d'un adaptateur à cordon spécial .....                                                                                                   | 114   |

| Clause                                                                                                         | Page |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 6.3.20 Procedure to verify test cable performance .....                                                        | 101  |
| 6.3.21 Procedure to verify test adapter performance.....                                                       | 103  |
| 6.4 Measurement error models.....                                                                              | 103  |
| 6.4.1 General.....                                                                                             | 103  |
| 6.4.2 Error model for the attenuation measurement function of level IIE field test equipment .....             | 103  |
| 6.4.3 Error model for the pair-to-pair NEXT loss measurement function of level IIE field test equipment.....   | 105  |
| 6.4.4 Error model for the power sum NEXT loss measurement function of level IIE field test equipment.....      | 105  |
| 6.4.5 Error model for the pair-to-pair ELFEXT loss measurement function of level IIE field test equipment..... | 105  |
| 6.4.6 Error model for the power sum ELFEXT loss measurement function of level IIE field test equipment.....    | 109  |
| 6.4.7 Error model for the return loss measurement function of level IIE field test equipment.....              | 109  |
| 6.4.8 Error model for the propagation delay measurement function of level IIE field test equipment.....        | 111  |
| 6.4.9 Error model for the delay skew measurement function of level IIE field test equipment.....               | 111  |
| 6.4.10 Error model for the length measurement function of level IIE field test equipment .....                 | 111  |
| 6.4.11 Error model for the d.c. loop resistance measurement function of level IIE field test equipment.....    | 113  |
| 6.5 Network analyzer measurement comparisons .....                                                             | 113  |
| 6.5.1 General.....                                                                                             | 113  |
| 6.5.2 Adapters .....                                                                                           | 113  |
| 6.5.3 Comparison methods .....                                                                                 | 117  |
| Figure 1 – Resistor load.....                                                                                  | 27   |
| Figure 2 – Reference planes for permanent link and channel.....                                                | 29   |
| Figure 3 – 180° hybrid used as a balun .....                                                                   | 31   |
| Figure 4 – Loop resistance measurement.....                                                                    | 37   |
| Figure 5 – Attenuation test configuration .....                                                                | 39   |
| Figure 6 – NEXT loss test configuration .....                                                                  | 45   |
| Figure 7 – FEXT loss test configuration.....                                                                   | 51   |
| Figure 8 – Return loss test configuration .....                                                                | 55   |
| Figure 9 – Correct pairing .....                                                                               | 61   |
| Figure 10 – Incorrect pairing .....                                                                            | 61   |
| Figure 11 – Equipment tolerance region example (NEXT).....                                                     | 69   |
| Figure 12 – Block diagram for measuring output signal balance .....                                            | 89   |
| Figure 13 – Block diagram for measuring common mode rejection .....                                            | 91   |
| Figure 14 – Block diagram for measuring residual NEXT loss.....                                                | 93   |
| Figure 15 – Block diagram for measuring dynamic accuracy.....                                                  | 93   |
| Figure 16 – Principle of measurement of residual FEXT loss .....                                               | 95   |
| Figure 17 – Principle of alternative measurement of residual FEXT loss .....                                   | 97   |
| Figure 18 – Construction details of special patch cord adapter .....                                           | 115  |

|                                                                                                                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure 19 – Interfaces avec la voie par l'appareil de contrôle sur le terrain et l'équipement de laboratoire pour comparer les résultats d'essai .....                                           | 114 |
| Figure 20 – Interfaces avec la configuration d'essai de liaison permanente par l'appareil de contrôle sur le terrain et les équipements de laboratoire pour comparer les résultats d'essai ..... | 116 |
| Figure 21 – Echantillon de tracé de diffusion .....                                                                                                                                              | 118 |
| Tableau 1 – Caractéristiques de performance du symétriseur d'antennes d'essai .....                                                                                                              | 32  |
| Tableau 2 – Résumé des prescriptions concernant les rapports pour les appareils de contrôle sur le terrain .....                                                                                 | 72  |
| Tableau 3 – Précision estimée des mesures à la limite accepté/refusé d'une voie pour des instruments d'essai de niveau IIE .....                                                                 | 80  |
| Tableau 4 – Prescriptions minimales pour les paramètres de précision des mesures pour les appareils de contrôle sur le terrain de niveau IIE pour la configuration de la ligne de base .....     | 82  |
| Tableau 5 – Prescriptions minimales pour les paramètres de mesure pour les appareils de contrôle sur le terrain de niveau IIE avec adaptateur d'essai .....                                      | 84  |
| Tableau 6 – Prescriptions de performance pour le temps de propagation .....                                                                                                                      | 86  |
| Tableau 7 – Prescriptions de performance pour la mesure du biais temporel .....                                                                                                                  | 86  |
| Tableau 8 – Prescriptions de performance pour la mesure de la longueur .....                                                                                                                     | 86  |
| Tableau 9 – Prescriptions de performance pour la résistance en courant continu .....                                                                                                             | 86  |

|                                                                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure 19 – Interfaces to channel by field test and laboratory equipment to compare test results .....                                | 115 |
| Figure 20 – Interfaces to permanent link test configuration by field test and laboratory equipment to compare test results .....      | 117 |
| Figure 21 – Sample scatter plot .....                                                                                                 | 119 |
| Table 1 – Test balun performance characteristics .....                                                                                | 33  |
| Table 2 – Summary of reporting requirements for field test equipment.....                                                             | 73  |
| Table 3 – Estimated measurement accuracy at the channel pass/fail limit for level IIE test instruments .....                          | 81  |
| Table 4 – Minimum requirements for measurement accuracy parameters for level IIE field test equipment for baseline configuration..... | 83  |
| Table 5 – Minimum requirements for measurement accuracy parameters for level IIE field test equipment with test adapter .....         | 85  |
| Table 6 – Performance requirements for propagation delay.....                                                                         | 87  |
| Table 7 – Performance requirements for delay skew measurement .....                                                                   | 87  |
| Table 8 – Performance requirements for length measurement.....                                                                        | 87  |
| Table 9 – Performance requirements for d.c. resistance.....                                                                           | 87  |

Withd  
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61935-1:2000

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## SYSTÈMES DE CÂBLAGE GÉNÉRIQUE – SPÉCIFICATION POUR LES ESSAIS DE CÂBLAGE DE TÉLÉCOMMUNICATIONS ÉQUILIBRÉES SELON L'ISO/CEI 11801 –

### Partie 1: Câblages installés

#### AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61935-1 a été établie par le sous-comité 46A: Câbles coaxiaux, du comité d'études 46 de la CEI: Câbles, fils, guides d'ondes, connecteurs et accessoires pour communications et signalisation.

Le texte de la présente norme est issu des documents suivants:

|              |                 |
|--------------|-----------------|
| FDIS         | Rapport de vote |
| 46A/370/FDIS | 46A/375/RVD     |

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

Le comité a planifié cette publication en plusieurs parties. Le titre de la partie 2 sera: Partie 2: Cordons et câbles pour zones de travail.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2006. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**GENERIC CABLING SYSTEMS –  
SPECIFICATION FOR THE TESTING  
OF BALANCED COMMUNICATION CABLING  
IN ACCORDANCE WITH ISO/IEC 11801 –**

**Part 1: Installed cabling**

**FOREWORD**

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61935-1 has been prepared by subcommittee 46A: Coaxial cables, of IEC technical committee 46: Cables, wires, waveguides, r.f. connectors, and accessories for communication and signalling.

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

| FDIS         | Report on voting |
|--------------|------------------|
| 46A/370/FDIS | 46A/375/RVD      |

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

The committee has decided that this publication is planned to have additional parts, such as: Part 2: Patch cords and work area cabling.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2006. At this date, the publication will be

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

## INTRODUCTION

Le câblage destiné aux télécommunications, autrefois spécifié uniquement par chaque application, a évolué pour devenir un système de câblage générique. Les applications de télécommunications font maintenant appel à la norme de câbles ISO/CEI 11801 pour répondre aux prescriptions de câblage. Autrefois, les essais de connectivité et le contrôle visuel étaient jugés suffisants pour vérifier une installation de câbles. Maintenant, les utilisateurs ont besoin d'essais plus complets afin de s'assurer que la liaison supportera les applications de télécommunications qui sont destinées à fonctionner sur le système de câblage générique. La présente partie de la CEI 61935 expose les méthodes d'essais de référence en laboratoire et sur le terrain, et donne une comparaison de ces méthodes.

Les performances de transmission dépendent des caractéristiques des câbles, du matériel de connexion, des cordons et des câbles d'interconnexion, du nombre total de connexions et du soin avec lequel ils sont installés et entretenus. La présente norme donne des méthodes d'essai pour les câblages installés et les ensembles de câbles équipés préfabriqués. Ces méthodes d'essai, le cas échéant, sont fondées sur celles utilisées pour les composants de l'ensemble de câbles.

La présente partie 1 contient les méthodes d'essais pour les câblages installés. La partie 2 contient les méthodes d'essais pour cordons et les câbles pour zones de travail.

La présente norme se divise comme suit:

- les procédures de mesures de référence en laboratoires sont spécifiées à l'article 4. Dans certains cas, ces procédures peuvent être utilisées sur le terrain;
- les descriptions et les prescriptions pour les mesures sur le terrain sont spécifiées à l'article 5;
- les prescriptions de performance pour les appareils de contrôle sur le terrain et les procédures de vérification des performances sont spécifiées à l'article 6.

NOTE 1 La présente norme ne comprend pas les essais qui sont normalement effectués séparément sur les câbles et sur les connecteurs. Ces essais sont décrits dans la CEI 61156-1 et la CEI 60603-7 respectivement.

NOTE 2 Dans la mesure du possible, les câbles et les connecteurs utilisés dans les ensembles de câbles équipés, même s'ils ne sont pas décrits dans la série CEI 61156 ou la CEI 60603-7 sont soumis à des essais séparés conformément aux essais donnés dans la spécification générique correspondante. Dans ce cas, la plupart des essais environnementaux et mécaniques décrits dans la présente norme peuvent être omis.

NOTE 3 Il est conseillé aux utilisateurs de cette norme de consulter les normes d'application, de s'informer auprès des fabricants des équipements et des intégrateurs de systèmes afin de déterminer si ces prescriptions conviennent pour les applications spécifiques en réseau.

## INTRODUCTION

Telecommunication cabling, once specified uniquely by each telecommunications application, has evolved into a generic cabling system. Telecommunications applications now use the ISO/IEC 11801 cabling standard to meet their cabling requirements. Formerly, connectivity tests and visual inspection were deemed sufficient to verify a cabling installation. Now, users need more comprehensive testing in order to ensure that the link will support telecommunications applications that are designed to operate on the generic cabling system. This part of IEC 61935 addresses reference laboratory and field test methods, and provides a comparison of these methods.

Transmission performance depends on cable characteristics, connecting hardware, patch cords and cross-connect cabling, on the total number of connections and the care with which they are installed and maintained. This standard provides test methods for installed cabling and pre-fabricated cable assemblies. These test methods, where appropriate, are based on those used for components of the cable assembly.

This part 1 contains the test methods required for installed cabling. Part 2 contains the test methods required for patch cords and work area cables.

This standard is organized as follows:

- reference laboratory measurement procedures are specified in clause 4. In some cases, these procedures may be used in the field;
- descriptions and requirements for measurements in the field are specified in clause 5;
- performance requirements for field testers and procedures to verify performance are specified in clause 6.

NOTE 1 This standard does not include tests that are normally performed on the cables and connectors separately. These tests are described in IEC 61156-1 and IEC 60603-7 respectively.

NOTE 2 Wherever possible, cables and connectors used in cable assemblies, even if they are not described in the series IEC 61156 or in IEC 60603-7 are tested separately according to the tests given in the relevant generic specification. In this case, most of the environmental and mechanical tests described in this standard may be omitted.

NOTE 3 Users of this standard are advised to consult with applications standards, equipment manufacturers and system integrators to determine the suitability of these requirements for specific networking applications.

# **SYSTÈMES DE CÂBLAGE GÉNÉRIQUE – SPÉCIFICATION POUR LES ESSAIS DE CÂBLAGE DE TÉLÉCOMMUNICATIONS ÉQUILIBRÉES SELON L'ISO/CEI 11801 –**

## **Partie 1: Câblages installés**

### **1 Domaine d'application**

La présente partie de la CEI 61935 spécifie les procédures des mesures de référence pour les paramètres de câblage et les prescriptions pour la précision des appareils de contrôle sur le terrain pour mesurer les paramètres de câblage identifiés dans l'ISO/CEI 11801. Les références faites dans la présente norme à l'ISO/CEI 11801 signifient la norme ISO/CEI 11801 ou des normes de câblage équivalentes.

La présente norme s'applique quand les câbles équipés sont constitués de câbles conformes à la CEI 61156-1, à la CEI 61156-2, à la CEI 61156-3 ou à la CEI 61156-4, et de matériel de connexion spécifié dans la CEI 60603-7 ou la CEI 60807-8. Quand les câbles et/ou les connecteurs ne sont pas conformes à ces normes, des essais supplémentaires peuvent être requis.

La présente norme traite des performances concernant des câbles de 100  $\Omega$ , 120  $\Omega$  ou 150  $\Omega$ .

### **2 Références normatives**

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 61935. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 61935 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60169-16, *Connecteurs pour fréquences radioélectriques – Partie 16: Connecteurs coaxiaux pour fréquences radioélectriques avec diamètre intérieur du conducteur extérieur de 7 mm (0,276 in) à verrouillage à vis – Impédance caractéristique 50 ohms (75 ohms) (type N)*

CEI 60169-22, *Connecteurs pour fréquences radioélectriques – Partie 22: Connecteurs à deux pôles pour fréquences radioélectriques à verrouillage à baïonnette, applicables à des câbles symétriques blindés à deux conducteurs intérieurs (type BNO)*

CEI 60603-7:1996, *Connecteurs pour fréquences inférieures à 3 MHz pour utilisation avec cartes imprimées – Partie 7: Spécification particulière pour connecteurs à 8 voies, comprenant des embases et des fiches ayant des caractéristiques d'accouplement communes, avec assurance de la qualité*

CEI 60807-8:1992, *Connecteurs rectangulaires utilisés aux fréquences inférieures à 3 MHz – Partie 8: Spécification particulière pour connecteurs, quatre contacts de signal et contacts de mise à la terre pour câble avec écran*

CEI 61156-1:1994, *Câbles multiconducteurs à paires symétriques et quartes pour transmissions numériques – Partie 1: Spécification générique*

# GENERIC CABLING SYSTEMS – SPECIFICATION FOR THE TESTING OF BALANCED COMMUNICATION CABLING IN ACCORDANCE WITH ISO/IEC 11801 –

## Part 1: Installed cabling

### 1 Scope

This part of IEC 61935 specifies reference measurement procedures for cabling parameters and the requirements for field tester accuracy to measure cabling parameters identified in ISO/IEC 11801. References in this standard to ISO/IEC 11801 mean ISO/IEC 11801 or equivalent cabling standards.

This standard applies when the cable assemblies are constructed of cables complying with IEC 61156-1, IEC 61156-2, IEC 61156-3 or IEC 61156-4, and of connecting hardware as specified in IEC 60603-7 or IEC 60807-8. In the case where cables and/or connectors do not comply with these standards, then additional tests may be required.

This standard relates to performance with respect to 100  $\Omega$ , 120  $\Omega$  or 150  $\Omega$  cabling.

### 2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 61935. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of IEC 61935 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60169-16, *Radio-frequency connectors – Part 16: R.F. coaxial connectors with inner diameter of outer conductor 7 mm (0,276 in) with screw coupling – Characteristic impedance 50 ohms (75 ohms) (type N)*

IEC 60169-22, *Radio-frequency connectors – Part 22: RF two-pole bayonet coupled connectors for use with shielded balanced cables having twin inner conductors (type BNO)*

IEC 60603-7:1996, *Connectors for frequencies below 3 MHz for use with printed boards – Part 7: Detail specification for connectors, 8-way, including fixed and free connectors with common mating features, with assessed quality*

IEC 60807-8:1992, *Rectangular connectors for frequencies below 3 MHz – Part 8: Detail specification for connectors, four-signal contacts and earthing contacts for cable screen*

IEC 61156-1:1994, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 1: Generic specification*

CEI 61156-2:1995, *Câbles multiconducteurs à paires symétriques et quartes pour transmissions numériques – Partie 2: Câble capillaire – Spécification intermédiaire*

CEI 61156-3:1995, *Câbles multiconducteurs à paires symétriques et quartes pour transmissions numériques – Partie 3: Raccordement de terminal – Spécification intermédiaire*

CEI 61156-4:1995, *Câbles multiconducteurs à paires symétriques et quartes pour transmissions numériques – Partie 4: Câblage vertical – Spécification intermédiaire*

ISO/CEI 11801:1995, *Technologies de l'information – Câblage générique des locaux du client*

UIT-T Recommandation G.117:1996, *Série G – Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques – Connexions et circuits téléphoniques internationaux – Généralités sur la qualité de transmission d'une connexion téléphonique internationale complète – G.117: Dissymétrie par rapport à la terre du point de vue de la transmission*

UIT-T Recommandation O.9:1988, *Série O – Spécifications de l'équipement de mesure – Généralité – O.9: Montages pour la mesure du degré de dissymétrie par rapport à la terre*

### 3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 61935, les définitions suivantes s'appliquent, en plus des définitions comprises dans l'ISO/CEI 11801.

#### 3.1

##### **câble équipé**

combinaison de câble(s) et de connecteur(s) à performance spécifiée, utilisée comme une seule unité destinée à faire partie d'une liaison par câble comme définie dans l'ISO/CEI 11801 (ou équivalent)

Exemples de câble équipé: cordon, câble de zone de travail, liaison.

#### 3.2

##### **atténuation (perte d'insertion, perte composite, atténuation opérationnelle et $S_{21}$ )**

rapport de la racine carrée non réfléchie de la puissance  $\sqrt{P_0}$  dans un câble équipé à la racine carrée de la puissance  $\sqrt{P_2}$  dans la charge

Ce rapport est identique à  $-20 \log(S_{21})$ , où  $S_{21}$  est le paramètre de diffusion de transfert direct du câble équipé. Si les impédances du générateur et de la charge sont les mêmes, il égale la perte d'insertion du câble équipé.

$$A_B = 20 \log \frac{\sqrt{P_0}}{\sqrt{P_2}} = 20 \log \frac{1}{S_{21}} \quad (1)$$

#### 3.3

##### **coefficient de réflexion**

rapport de la racine carrée complexe de l'onde réfléchie à la racine carrée complexe de l'onde incidente à un accès ou à une section transversale d'un câble équipé quand celui-ci est terminé par ses impédances nominale ou d'application,  $Z_{cnom}$ .

$$C_r = \frac{Z_{in} - Z_{cnom}}{Z_{in} + Z_{cnom}} \quad (2)$$

IEC 61156-2:1995, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 2: Horizontal floor wiring – Sectional specification*

IEC 61156-3:1995, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 3: Work area wiring – Sectional specification*

IEC 61156-4:1995, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 4: Riser cables – Sectional specification*

ISO/IEC 11801:1995, *Information technology – Generic cabling for customer premises*

ITU-T Recommendation G.117:1996, *Series G – Transmission systems and media, digital systems and networks – International telephone connections and circuits – General Recommendations on the transmission quality for an entire international telephone connection – G.117: Transmission aspects of unbalance about earth*

ITU-T Recommendation O.9:1988, *Series O – Specifications of measuring equipment – General – O.9: Measuring arrangements to assess the degree of unbalance about earth*

### 3 Definitions

For the purpose of this part of IEC 61935, the following definitions, in addition to the definitions included in ISO/IEC 11801, apply.

#### 3.1

##### **cable assembly**

combination of cable(s) and connector(s) with specified performance, used as a single unit intended to be a part of a cabling link as defined in ISO/IEC 11801 (or equivalent). Examples of cable assembly: patch cord, work area cable, link.

#### 3.2

##### **attenuation (insertion loss, composite loss, operational attenuation and $S_{21}$ )**

ratio of the unreflected square root of power  $\sqrt{P_0}$  into a cable assembly to the square root of power  $\sqrt{P_2}$  into the load.

This ratio is identical to  $-20 \log_{10}(S_{21})$ , where  $S_{21}$  is the forward transfer scattering parameter of the cable assembly. If the generator and load impedances are the same, it equals the insertion loss of the cable assembly.

$$A_B = 20 \log \frac{\sqrt{P_0}}{\sqrt{P_2}} = 20 \log \frac{1}{S_{21}} \quad (1)$$

#### 3.3

##### **reflection coefficient**

ratio of the complex square root of the reflected wave to the complex square root of the incident wave at a port or transverse cross-section of a cable assembly when the cable assembly is terminated with its application or nominal impedances,  $Z_{cnom}$ .

$$C_r = \frac{Z_{in} - Z_{cnom}}{Z_{in} + Z_{cnom}} \quad (2)$$

### 3.4

#### **perte par réflexion**

rapport entre la puissance amenée à un câble équipé terminé à l'extrémité éloignée par son impédance caractéristique nominale et la puissance réfléchie à l'accès d'entrée du câble équipé

$$R_l = 20 \log \left( \frac{u_i}{u_r} \right) \text{ ou}$$

$$R_l = 20 \log \left( \frac{|Z_{in} - Z_{cnom}|}{|Z_{in} + Z_{cnom}|} \right) \quad (3)$$

où

$u_i$  est la tension incidente;

$u_r$  est la tension de réflexion.

### 3.5

#### **longueur électrique**

longueur équivalente en espace libre du câble équipé

### 3.6

#### **temps de propagation**

retard de phase à chaque fréquence dans la gamme de fréquences concernée pour la propagation d'une onde transversale électromagnétique (TEM) entre les plans de référence du câble équipé, exprimé en nanosecondes par mètre (ns/m)

### 3.7

#### **rayon de courbure statique minimal**

rayon utilisé pour les essais climatiques

Ce rayon est le rayon minimal admissible pour les installations fixes du câble.

### 3.8

#### **rayon de courbure dynamique**

rayon de courbure utilisé pour les essais de stabilité de la perte d'insertion, de stabilité de la longueur électrique et d'endurance aux flexions

Ce rayon est le rayon de courbure minimal pour les applications où le câble équipé est soumis à des flexions. Des rayons de courbure plus grands permettront d'augmenter le nombre maximal de flexions.

### 3.9

#### **atténuation de l'écrantage (du câble équipé)**

rapport de la racine carrée en mode commun de l'onde de puissance à l'intérieur d'un câble équipé écranté à la racine carrée totale de la puissance qui rayonne à l'extérieur du câble équipé

### 3.10

#### **atténuation de couplage**

rapport de la racine carrée de la puissance du signal à l'intérieur du câble équipé à la racine carrée totale de la puissance du signal qui rayonne à l'extérieur du câble équipé quand le câble est alimenté en mode différentiel

L'atténuation de couplage s'applique aussi bien aux câbles équipés écrantés qu'aux câbles non écrantés.

**3.4****return loss**

ratio of the power delivered to a cable assembly terminated at the far end with its nominal characteristic impedance to the reflected power at the input port of the cable assembly

$$R_l = 20 \log \left( \frac{u_i}{u_r} \right) \text{ or}$$

$$R_l = 20 \log \left( \frac{|Z_{in} - Z_{cnom}|}{|Z_{in} + Z_{cnom}|} \right) \quad (3)$$

where

$u_i$  is the incident voltage;

$u_r$  is the reflection voltage.

**3.5****electrical length**

equivalent free-space length of the cable assembly

**3.6****propagation delay**

phase delay at each frequency in the frequency range of interest for the propagation of a transverse electromagnetic mode (TEM) wave between the reference planes of the cable assembly, expressed in nanoseconds per metre (ns/m)

**3.7****minimum static bending radius**

radius used in climatic tests

This radius is the minimum permissible radius for fixed installations of the cable.

**3.8****dynamic bending radius**

bending radius used for the insertion loss stability, stability of electrical length and flexing endurance tests

This radius is the minimum bending radius for applications where the cable assembly is flexed. Larger bending radii will allow an increase in the maximum number of flexures.

**3.9****screening attenuation (of the cable assembly)**

ratio of the common mode square root of the power wave inside a screened cable assembly to the total square root of power that radiates outside the cable assembly

**3.10****coupling attenuation**

ratio of the square root of signal power inside the cable assembly to the total square root of signal power that radiates outside the cable assembly when the cable is fed in differential mode

Coupling attenuation applies to both screened and unscreened cable assemblies.

### 3.11

#### **atténuation de déséquilibre**

rapport de la racine carrée en mode commun de la puissance du signal à la racine carrée en mode différentiel de la puissance du signal dans une paire en raison des propriétés non équilibrées de ladite paire

### 3.12

#### **paradiaphonie (NEXT)**

mesure, prise à l'extrémité proche, de la racine carrée du couplage de la puissance du signal d'un circuit à un autre circuit dans un câble équipé quand une racine carrée de la puissance du signal est alimentée et mesurée à la même extrémité

NEXT s'exprime en décibels par rapport à la racine carrée incidente de la puissance du signal.

### 3.13

#### **télédiaphonie (FEXT)**

mesure de la racine carrée du couplage de la puissance du signal depuis la paire émettrice vers une paire voisine à l'extrémité éloignée

FEXT s'exprime en décibels par rapport au niveau du signal incident.

### 3.14

#### **télédiaphonie de niveau égal (ELFEXT)**

télédiaphonie (FEXT) moins l'atténuation de la paire dérangée quand les deux nombres sont exprimés en décibels

### 3.15

#### **essai comparatif**

essai effectué pour vérifier l'écart entre les résultats obtenus par la méthode d'essai de référence et ceux obtenus avec un autre montage d'essai (c'est-à-dire appareil de contrôle sur le terrain)

### 3.16

#### **impédance nominale**

impédance pour laquelle le système est conçu

L'impédance nominale est résistive.

### 3.17

#### **plan de référence**

position de référence de l'élément de câblage en essai ou du connecteur à accouplement nécessaire à laquelle les prescriptions de performance sont spécifiées

### 3.18

#### **somme des puissances (NEXT & FEXT & ELFEXT)**

La diaphonie de la somme des puissances tient compte de la diaphonie combinée sur une paire réceptrice de tous les perturbateurs agissant simultanément.

### 3.19

#### **biais temporel**

valeur la plus défavorable de la différence de retard de phase entre des paires quelconques dans le même câble équipé

### 3.20

#### **équilibre du signal de sortie (OSB)**

rapport de la tension de sortie en mode commun à la tension de sortie en mode différentiel générée par un accès source

**3.11****unbalance attenuation**

ratio of the common mode square root of signal power to the differential mode square root of signal power in a pair due to unbalanced properties of the given pair

**3.12****near-end cross-talk (NEXT)**

near end measurement of the square root of signal power coupling from one circuit to another within a cable assembly when a square root of signal power is fed and measured at the same end

NEXT is expressed in decibels relative to the incident square root of signal power.

**3.13****far-end cross-talk (FEXT)**

measurement of the square root of signal power coupling from the transmitting pair to a neighbouring pair at the far end

FEXT is expressed in decibels relative to the incident signal level.

**3.14****equal level far-end cross-talk (ELFEXT)**

FEXT minus the attenuation of the disturbed pair when both numbers are expressed in decibels

**3.15****comparative test**

test that is performed to check the deviation between the results obtained with the reference test method and those obtained with another test set-up (i.e. field test equipment)

**3.16****nominal impedance**

impedance for which the system is designed

The nominal impedance is resistive.

**3.17****reference plane**

reference position of the cabling element under test or necessary mating connector at which the performance requirements are specified

**3.18****power sum (NEXT & FEXT & ELFEXT)**

the power sum cross-talk is the combined cross-talk on a receiving pair from all disturbers operating simultaneously

**3.19****delay skew**

worst-case value of the phase delay difference between any pairs in the same cable assembly

**3.20****output signal balance (OSB)**

ratio of the output common mode voltage to the output differential voltage generated by a source port

### 3.21

#### **résistance en boucle en courant continu**

mesure de la somme de la résistance en courant continu des deux fils d'une paire de fils

## **4 Procédures de mesures de référence pour les propriétés électriques**

### **4.1 Introduction**

Cet article décrit les procédures de mesures de référence pour les paramètres électriques. Les procédures de mesures sont destinées à être utilisées dans un environnement de laboratoire avec des équipements de laboratoire. Dans certains cas, une procédure de mesure peut aussi s'appliquer aux essais sur le terrain; la procédure doit alors être identifiée de façon spécifique comme convenant aux essais sur le terrain et les précautions appropriées doivent être décrites.

### **4.2 Considérations relatives au matériel d'essai**

Les procédures de mesures de référence décrites dans la présente norme nécessitent l'utilisation d'un analyseur de réseaux, de transformateurs HF (symétriseurs d'antennes), de cordons d'essai à paires torsadées et de terminaisons d'adaptation d'impédance. Des instruments d'essai générateurs/récepteurs séparés peuvent aussi être utilisés pour certaines des mesures. D'autres procédures de mesures qui peuvent se révéler donner des résultats équivalents peuvent être utilisées.

#### **4.2.1 Prescriptions d'essai des analyseurs de réseaux**

En général, les bornes d'entrée et de sortie d'un analyseur de réseaux sont non équilibrées. Des transformateurs HF avec sorties équilibrées (symétriseurs d'antennes) sont nécessaires avec des connexions du signal non équilibré à l'analyseur de réseaux.

Avant les essais, le montage d'essai doit être étalonné au plan de référence spécifié pour l'élément en essai. Des étalonnages complets à un accès doivent être utilisés lorsque les mesures effectuées sont à un accès (par exemple perte par réflexion). Un étalonnage complet à deux accès doit être utilisé quand les mesures effectuées sont à deux accès (par exemple atténuation). Si l'adaptation de la charge et de la source est connue pour être supérieure à 20 dB, un étalonnage de la réponse peut suffire.

#### **4.2.2 Terminaison des paires de conducteurs**

Pendant les mesures, toutes les paires de conducteurs de l'élément en essai doivent se terminer aux deux extrémités par des charges à adaptation d'impédance. Pour les paires en essai, les instruments d'essai y pourvoient à une extrémité ou aux deux extrémités. Pour les paires non soumises aux essais ou non connectées aux instruments d'essai, des charges à résistances ou des symétriseurs d'antennes refermés doivent être appliqués.

Sauf spécification contraire, l'impédance nominale en mode différentiel de la terminaison doit être de 100  $\Omega$  pour les éléments de 100  $\Omega$  et de 120  $\Omega$ , et de 150  $\Omega$  pour les éléments de 150  $\Omega$ . L'impédance nominale en mode commun doit être de 50  $\Omega \pm 25 \Omega$ , sauf spécification contraire dans la procédure de mesure.

NOTE La valeur exacte de l'impédance en mode commun n'est pas critique pour la plupart des mesures. Normalement, une valeur de 75  $\Omega$  est utilisée pour les câbles non écrantés alors qu'une valeur de 25  $\Omega$  est utilisée pour les câbles écrantés.

Les charges à résistances doivent utiliser des résistances spécifiées comme ayant une précision de  $\pm 1 \%$  en courant continu et une perte par réflexion supérieure à  $40 - 10 \log(f)$  où  $f$  est la fréquence en mégahertz. Pour les paires connectées à un symétriseur d'antennes, la charge en mode commun est mise en œuvre en appliquant une charge à la prise centrale du symétriseur d'antennes. L'impédance de la charge est égale à l'impédance en mode commun.

**3.21****d.c. loop resistance**

measure of the sum of the d.c. resistance of both wires of a wire pair

**4 Reference measurement procedures for electrical properties****4.1 Introduction**

This clause describes reference measurement procedures for electrical parameters. The measurement procedures are intended to be used in a laboratory environment using laboratory equipment. In some cases, a measurement procedure may also be applicable for field testing. If this is the case, the procedure shall be specifically identified as being suitable for field testing and appropriate precautions shall be described.

**4.2 Test equipment considerations**

The reference measurement procedures that are described in this standard require the use of a network analyzer, r.f. transformers (baluns), twisted pair (TP) test leads and impedance matching terminations. Separate generator/receiver test instrumentation may also be used for some of the measurements. Other measurement procedures, which can be shown to yield equivalent results, may be used.

**4.2.1 Network analyzer test requirements**

Usually the input and output terminals of a network analyzer are unbalanced. RF transformers with balanced outputs (baluns) are required with unbalanced signal connections to the network analyzer.

The test set-up shall be calibrated at the specified reference plane for the element under test before testing. Full one-port calibrations shall be used when making one-port (e.g. return loss) measurements, Full two-port calibration shall be used when making two-port measurements (e.g. attenuation) measurements. If load and source match is known to be better than 20 dB, then a response calibration may be sufficient.

**4.2.2 Termination of conductor pairs**

During the measurement, all conductor pairs of the element under test shall be terminated at both ends with impedance matching loads. For pairs under test, this is provided by the test instrumentation at one or both ends. For pairs not under test or not connected to test instrumentation, resistor loads or terminated baluns shall be applied.

Unless otherwise specified, the nominal differential mode impedance of the termination shall be 100  $\Omega$  for 100  $\Omega$  and 120  $\Omega$  elements, and 150  $\Omega$  for 150  $\Omega$  elements. The nominal common mode impedance shall be 50  $\Omega \pm 25 \Omega$ , unless otherwise specified in the measurement procedure.

**NOTE** The exact value of the common mode impedance is not critical for most measurements. Normally, a value of 75  $\Omega$  is used for unscreened cabling whereas a value of 25  $\Omega$  is used for screened cabling.

Resistor loads shall use resistors specified for  $\pm 1\%$  accuracy at d.c. and have a return loss greater than  $40 - 10 \log(f)$ , where  $f$  is the frequency in megahertz. For pairs connected to a balun, common mode load is implemented by applying a load at the centre tap of the balun. The impedance of the load is equal to the common mode impedance. For pairs connected to other kinds of balancing devices (180° power splitters), common mode load is implemented by

Pour les paires connectées à d'autres appareils d'équilibrage (diviseurs de puissance à 180°), la charge en mode commun est mise en œuvre par l'utilisation d'un atténuateur à chacune des terminaisons équilibrées de l'appareil d'équilibrage. Cette méthode est aussi utilisée si la prise centrale n'est pas disponible sur le symétriseur d'antennes utilisé. L'atténuation fournie par les atténuateurs doit être supérieure ou égale à 6 dB (voir figure 3). L'impédance en mode commun est d'environ un quart de l'impédance en mode différentiel pour cette mise en œuvre. Pour les paires connectées à des charges à résistance, la charge en mode commun est mise en œuvre par la configuration Y donnée à la figure 1.

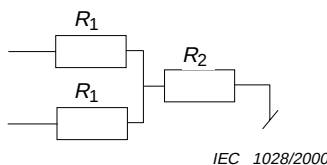


Figure 1 – Charge à résistance

où

$$R_1 = \frac{R_{\text{dif}}}{2} \quad (4)$$

et

$$R_2 = R_{\text{com}} - \frac{R_{\text{dif}}}{4} \quad (5)$$

où

$R_{\text{dif}}$  est l'impédance en mode différentiel ( $\Omega$ );

$R_{\text{com}}$  est l'impédance en mode commun ( $\Omega$ ).

Pour les éléments non écrantés, les points de terminaison en mode commun pour toutes les paires sont connectés ensemble à l'une ou l'autre extrémité de l'élément. Pour les éléments écrantés, les points de terminaison en mode commun sont connectés à l'écran ou aux écrans du câble à chaque extrémité de l'élément.

#### 4.2.3 Charges de référence pour étalonnage

Pour effectuer un étalonnage à un ou deux accès des matériels d'essai, il faut un court-circuit, un circuit ouvert et une charge. Ces dispositifs doivent être utilisés pour obtenir un étalonnage au plan de référence.

La charge doit être étalonnée en fonction de la référence d'étalonnage, qui doit être une charge de 50  $\Omega$ , identifiable par rapport à une norme internationale de référence. Si la valeur de la charge de référence pour l'étalonnage est de 100  $\Omega$ , deux charges en parallèle doivent être étalonnées en fonction de la référence d'étalonnage. Si la valeur de la charge de référence pour l'étalonnage est de 150  $\Omega$ , trois charges en parallèle doivent être étalonnées en fonction de la référence d'étalonnage. Les charges de référence pour l'étalonnage doivent être placées dans un connecteur de type N conformément à la CEI 60169-16, destiné à être monté sur panneau et qui est usiné à plat sur l'arrière. Les charges doivent être fixées au côté plat du connecteur, réparties uniformément autour du conducteur central. Un analyseur de réseaux doit être étalonné, étalonnage complet à un accès, avec la référence d'étalonnage. Ensuite, la perte par réflexion des charges de référence pour l'étalonnage doit être mesurée. La perte par réflexion vérifiée doit être supérieure à 40 dB aux fréquences auxquelles les mesures doivent être effectuées.

use of an attenuator at each of the balanced terminals of the balancing device. This method is also used if the centre tap is not available at the balun used. The attenuation provided by the attenuators shall be greater than or equal to 6 dB (see figure 3). The common mode impedance is approximately one fourth of the differential mode impedance for this implementation. For pairs connected to resistor loads, common mode load is implemented by the Y configuration shown in figure 1.

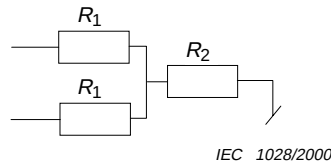


**Figure 1 – Resistor load**

where

$$R_1 = \frac{R_{\text{dif}}}{2} \quad (4)$$

and

$$R_2 = R_{\text{com}} - \frac{R_{\text{dif}}}{4} \quad (5)$$

where

$R_{\text{dif}}$  is the differential mode impedance ( $\Omega$ );

$R_{\text{com}}$  is the common mode impedance ( $\Omega$ ).

For unscreened elements, the common mode termination points for all pairs are connected together at either end of the element. For screened elements, the common mode termination points are connected to the cable screen or screens at each end of the element.

#### 4.2.3 Reference loads for calibration

To perform a one- or two-port calibration of the test equipment, a short circuit, an open circuit and an impedance termination are required. These devices shall be used to obtain a calibration at the reference plane.

The impedance termination shall be calibrated against a calibration reference, which shall be a 50  $\Omega$  load, traceable to an international reference standard. If the value of the reference load for calibration is 100  $\Omega$ , two loads in parallel shall be calibrated against the calibration reference. If the value of the reference load for calibration is 150  $\Omega$ , three loads in parallel shall be calibrated against the calibration reference. The reference loads for calibration shall be placed in an N type connector according to IEC 60169-16, meant for panel mounting and which is machined flat on the back side. The loads shall be fixed to the flat side of the connector, distributed evenly around the centre conductor. A network analyzer shall be calibrated, one-port full calibration, with the calibration reference. Thereafter, the return loss of the reference loads for calibration shall be measured. The verified return loss shall be greater than 40 dB at the frequencies for which the measurements are to be carried out.

#### 4.2.4 Configurations d'essai

Les configurations de câblage qui sont soumises à essai sur le terrain sont les suivantes.

- **Voie.** La configuration d'essai de la voie est destinée à être utilisée par les concepteurs de systèmes et les utilisateurs de systèmes de transmission de données pour vérifier le fonctionnement de l'ensemble de la voie. La voie telle que définie dans l'ISO/CEI 11801 (ou équivalent), comprend jusqu'à 90 m de câble horizontal, un cordon d'équipement de la zone de travail, une sortie/connecteur de télécommunications, une connexion de transition facultative proche de la zone de travail et deux connexions interconnectées dans le répartiteur au sol. La longueur totale de la zone de travail, des cordons et des connexions temporaires ne doit pas dépasser 10 m. Les connexions aux équipements à chaque extrémité de la voie ne sont pas comprises dans la définition de la voie. Le cordon de l'utilisateur final doit être utilisé pour vérifier le fonctionnement de la voie.
- **Liaison permanente.** La configuration d'essai de la liaison permanente est destinée à être utilisée par les installateurs et les utilisateurs de systèmes de transmission de données pour vérifier le fonctionnement du câblage installé en permanence. Le répartiteur de liaison permanente tel que défini dans l'ISO/CEI 11801 (ou équivalent) se compose de 90 m maximum de câblage horizontal et d'une connexion à chaque extrémité. La liaison permanente exclut à la fois la portion de câble du cordon d'essai de l'appareil de contrôle et la connexion à l'appareil d'essai, mais elle peut inclure le point de transition facultatif.

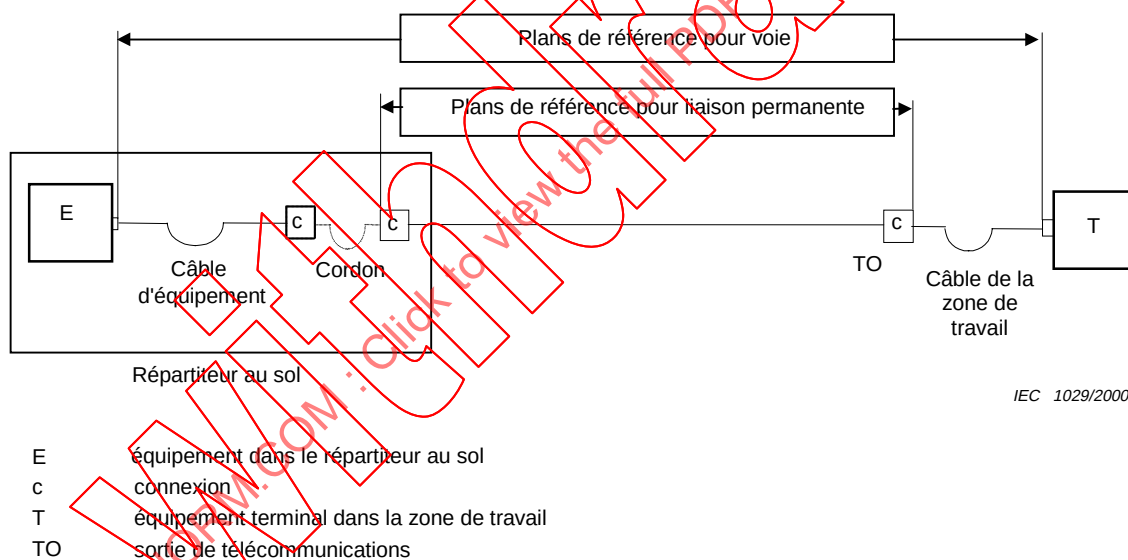


**Figure 2 – Plans de référence pour liaison permanente et voie**

Le plan de référence d'une liaison permanente est à l'extrémité du cordon d'essai de la liaison permanente. Le plan de référence d'une voie est à l'emplacement où le câble sort de la prise qui s'accouple au jack de l'équipement.

Les cordons d'essai utilisés pour connecter, aux plans de référence, les appareils de mesure doivent être plus courts que 50 mm.

#### 4.2.5 Câbles coaxiaux et cordons d'essai pour analyseurs de réseaux

Il y a lieu que les câbles équipés coaxiaux entre l'analyseur de réseaux et les symétriseurs d'antennes soient aussi courts que possible. (Il est recommandé qu'ils ne dépassent pas 600 mm chacun.)

#### 4.2.4 Test configurations

The cabling configurations that are tested in the field are as follows.

- **Channel.** The channel test configuration is intended to be used by system designers and users of data communication systems to verify the performance of the overall channel. The channel, as defined in ISO/IEC 11801 (or equivalent), includes up to 90 m of horizontal cable, a work area equipment cord, a telecommunications outlet/connector, an optional transition connection close to the work area and two cross-connect connections in the floor distributor. The total length of work area, patch cords and jumpers shall not exceed 10 m. The connections to the equipment at each end of the channel are not included in the channel definition. The end-user patch cord shall be used to test channel performance.
- **Permanent link.** The permanent link test configuration is intended to be used by installers and users of data communication systems to verify the performance of permanently installed cabling. The permanent link distributor as defined in ISO/IEC 11801 (or equivalent) consists of up to 90 m of horizontal cabling and one connection at each end. The permanent link excludes both the cable portion of the test cord of the test equipment and the connection to the test equipment, but may include the optional transition point.

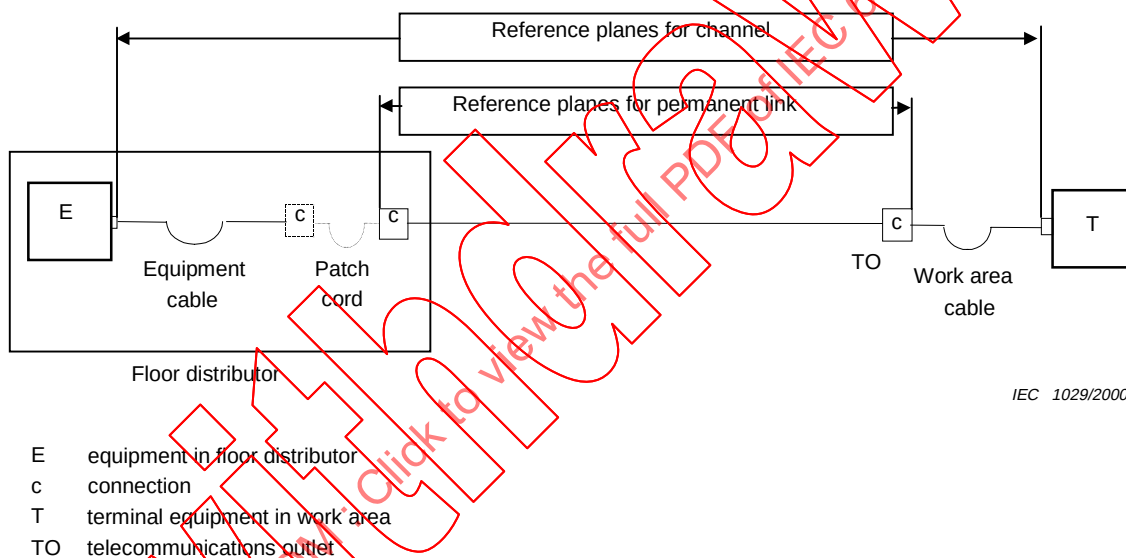


**Figure 2 – Reference planes for permanent link and channel**

The reference plane of a permanent link is at the end of the permanent link test cord. The reference plane of a channel is at the location where the cable exits the plug which mates with the jack of the equipment.

Test leads used to connect instruments for measurements at the reference planes shall be shorter than 50 mm.

#### 4.2.5 Coaxial cables and test leads for network analyzers

Coaxial cable assemblies between the network analyzer and baluns should be as short as possible. (It is recommended that they do not exceed 600 mm each.)

Le symétriseur d'antennes doit être fixé à un plan de masse commun.

Les cordons d'essai équilibrés et le matériel de connexion associé pour effectuer la connexion entre les matériels d'essai et le câble équipé en essai doivent être pris sur des composants qui satisfont au moins aux prescriptions de la catégorie du câble équipé en essai. Les cordons d'essai équilibrés doivent être limités à une longueur de 50 mm entre chaque symétriseur d'antennes et le plan de référence de l'élément en essai. Les paires doivent restées torsadées depuis le symétriseur d'antennes jusqu'à l'endroit où sont faites les connexions, et les cordons d'essai équilibrés non écrantés doivent être séparés de tout plan de masse par 5 mm.

#### 4.2.6 Prescriptions pour les symétriseurs d'antennes

Deux classes de symétriseurs d'antennes avec des niveaux de performance différents sont définis, cela afin de faciliter les mesures jusqu'à 1 GHz avec les symétriseurs d'antennes du commerce. Les symétriseurs d'antennes peuvent être des transformateurs à symétriseur d'antennes ou des hybrides à 180° avec des atténuateurs pour améliorer l'adaptation, si nécessaire (voir figure 3).

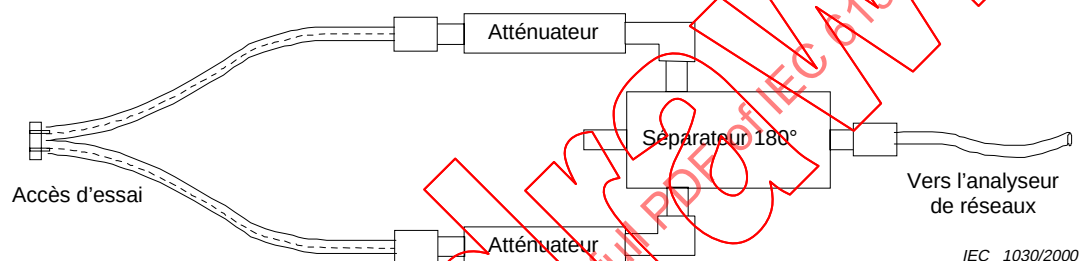


**Figure 3 – Hybride à 180° utilisé comme symétriseur d'antennes**

Les symétriseurs d'antennes de classe A ont la préférence pour vérifier les caractéristiques de performance de toutes les classes de câblage.

Les symétriseurs d'antennes de classe B peuvent être utilisés pour vérifier les performances de toutes les classes de câblage à condition qu'il soit tenu compte de la performance moindre du symétriseur d'antennes dans le bilan des erreurs de mesure.

Les spécifications pour les symétriseurs d'antennes de classes A et B s'appliquent à toute la gamme de fréquences pour laquelle le symétriseur d'antennes est utilisé. Le symétriseur d'antennes doit être écranté contre les parasites radioélectriques et doit être conforme aux spécifications indiquées au tableau 1.

The baluns shall be attached to a common ground plane.

The balanced test leads and associated connecting hardware to connect between the test equipment and the cable assembly under test shall be taken from components that meet or exceed the requirements for the category of the cable assembly under test. The balanced test leads shall be limited to a length of 50 mm between each balun and the reference plane of the element under test. Pairs shall remain twisted from the baluns to where connections are made, and unscreened balanced test leads shall be separated by 5 mm from any ground plane.

#### 4.2.6 Balun requirements

Two classes of baluns with different performance levels are defined. This is in order to facilitate measurements up to 1 GHz with commercially available baluns. The baluns may be balun transformers or 180° hybrids with attenuators to improve matching, if needed (see figure 3).

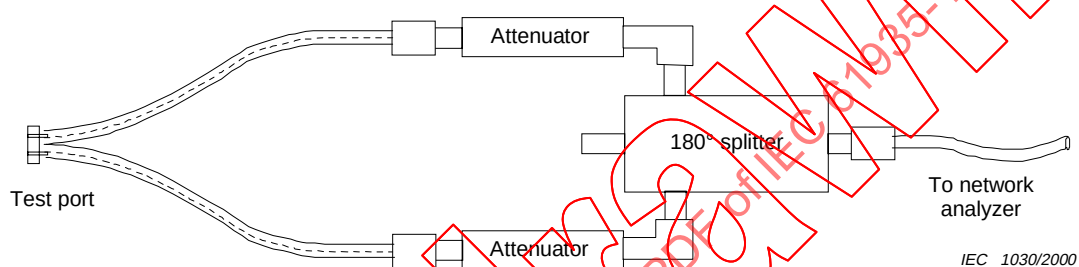


Figure 3 – 180° hybrid used as a balun

Class A baluns are preferred for the verifying of the performance characteristics of all classes of cabling.

Class B baluns may be used to verify the performance of all classes of cabling providing that the lower performance of the balun is taken into account in the measurement error calculation.

The specifications for class A and B baluns apply for the whole frequency range for which the balun is used. Baluns shall be RFI shielded and shall comply with the requirements given in table 1.

**Tableau 1 – Caractéristiques de performance du symétriseur d'antennes d'essai**

| Paramètre                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Valeur classe A                | Valeur classe B                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Impédance primaire <sup>1)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 50 $\Omega$ non équilibré      | 50 $\Omega$ non équilibré      |
| Impédance secondaire                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Équilibré adapté <sup>4)</sup> | Équilibré adapté <sup>4)</sup> |
| Perte d'insertion                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 3 dB maximum                   | 10 dB maximum                  |
| Perte par réflexion secondaire                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 20 dB minimum                  | 6 dB minimum                   |
| Perte par réflexion, mode commun <sup>2)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 10 dB minimum                  | 10 dB minimum                  |
| Puissance nominale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0,1 W minimum                  | 0,1 W minimum                  |
| Équilibre longitudinal <sup>3)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 60 dB minimum                  |                                |
| Équilibre signal de sortie <sup>3)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 50 dB minimum                  | 35 dB minimum                  |
| Réjection en mode commun <sup>3)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 50 dB minimum                  |                                |
| <sup>1)</sup> L'impédance primaire peut varier, si nécessaire, pour tenir compte des sorties de l'analyseur autres que 50 $\Omega$ .<br><sup>2)</sup> Mesurés en connectant les bornes de sortie équilibrées ensemble et en mesurant la perte par réflexion. La terminaison d'entrée non équilibrée du symétriseur d'antennes doit se terminer par une charge de 50 $\Omega$ .<br><sup>3)</sup> Mesuré selon les recommandations G.117 et O.9 de UIT-T.<br><sup>4)</sup> Pour les câbles de 120 $\Omega$ , un symétriseur d'antennes de 120 $\Omega$ sera utilisé uniquement dans le cas où l'utilisateur le demande. En général, un symétriseur d'antennes de 100 $\Omega$ sera utilisé.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                |                                |
| Directives spéciales pour l'utilisation de symétriseurs d'antennes:<br>a) Pour une meilleure précision, le symétriseur d'antennes sera équipé de connecteurs (par exemple des connecteurs CEI 60169-22).<br>b) Pour les essais jusqu'à 250 MHz, il convient d'utiliser des symétriseurs d'antennes de classe A.<br>c) Les symétriseurs d'antennes de classe B peuvent être utilisés sur toute la gamme de fréquences à laquelle s'appliquent leurs spécifications, à condition que l'équilibre de leur signal de sortie soit supérieur à 50 dB en dessous de 100 MHz.<br>d) Pour les symétriseurs d'antennes de classe B, il y a un compromis entre la perte d'insertion et la perte par réflexion. La perte par réflexion peut être améliorée en utilisant un atténuateur, ce qui augmente alors la perte d'insertion. Si la perte par réflexion est inférieure à 10 dB, la perte d'insertion doit être inférieure à 5 dB. Si la perte d'insertion est supérieure à 5 dB, la perte par réflexion doit être supérieure à 10 dB. |                                |                                |

#### 4.2.7 Précautions concernant les mesures par l'analyseur de réseaux

Pour assurer un niveau élevé de fiabilité des mesures de transmission, les précautions suivantes sont nécessaires:

- 1) Utiliser des symétriseurs d'antennes et des charges à résistance cohérentes et stables pour chaque paire pendant toute la séquence d'essai (voir 4.2.2).
- 2) Éviter, avant, pendant et après les essais, les discontinuités dans les câbles et les adaptateurs, qui peuvent être causées par les flexions, les coudes en équerre et les forces contraignantes.
- 3) Préserver, dans toute la mesure du possible l'espacement relatif des paires de conducteurs pendant toute la durée des essais.
- 4) Maintenir les conducteurs des câbles équilibrés et les interconnexions non écrantés à l'écart des surfaces métalliques, telles que plans de masse, et isolés des sources de parasites électromagnétiques (EMI).
- 5) Maintenir, dans toute la mesure du possible, l'équilibre des câbles par des longueurs de conducteurs cohérentes et des paires correctement torsadées jusqu'au point de charge.
- 6) S'assurer que les longueurs des lignes imprimées et des câbles équilibrés coaxiaux sont aussi courtes que possible de façon à réduire les effets parasites et la résonance.

**Table 1 – Test balun performance characteristics**

| Parameter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Class A value                  | Class B value                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Impedance, primary <sup>1)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 50 $\Omega$ unbalanced         | 50 $\Omega$ unbalanced         |
| Impedance, secondary                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Matched balanced <sup>4)</sup> | Matched balanced <sup>4)</sup> |
| Insertion loss                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 3 dB maximum                   | 10 dB maximum                  |
| Return loss secondary                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 20 dB minimum                  | 6 dB minimum                   |
| Return loss, common mode <sup>2)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 10 dB minimum                  | 10 dB minimum                  |
| Power rating                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 0,1 W minimum                  | 0,1 W minimum                  |
| Longitudinal balance <sup>3)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 60 dB minimum                  |                                |
| Output signal balance <sup>3)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 50 dB minimum                  | 35 dB minimum                  |
| Common mode rejection <sup>3)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 50 dB minimum                  |                                |
| <sup>1)</sup> Primary impedance may differ, if necessary, to accommodate analyzer outputs other than 50 $\Omega$ .<br><sup>2)</sup> Measured by connecting the balanced output terminals together and measuring the return loss. The unbalanced balun input terminal shall be terminated by a 50 $\Omega$ load.<br><sup>3)</sup> Measured per ITU-T recommendations G.117 and O.9.<br><sup>4)</sup> For 120 $\Omega$ cables, 120 $\Omega$ baluns will be used only in cases where it is requested by the user. Usually, 100 $\Omega$ baluns will be used.                                                                                                                                                                                   |                                |                                |
| Special guidelines for use of baluns:<br>a) For best accuracy, the baluns should be supplied with connectors (for example with IEC 60169-22 connectors).<br>b) For tests up to 250 MHz, class A baluns should be used.<br>c) Class B baluns can be used in the whole frequency range for which their specifications apply, provided their output signal balance is better than 50 dB below 100 MHz.<br>d) For class B baluns, there is a trade-off between insertion loss and return loss. Return loss can be improved by using an attenuator, which then increases insertion loss. If return loss is less than 10 dB, insertion loss must be less than 5 dB. If insertion loss is higher than 5 dB, return loss must be higher than 10 dB. |                                |                                |

#### 4.2.7 Network analyzer measurement precautions

To assure a high degree of reliability for transmission measurements, the following precautions are required.

- 1) Consistent and stable baluns and resistor loads shall be used for each pair throughout the test sequence (see 4.2.2).
- 2) Cable and adapter discontinuities, as introduced by physical flexing, sharp bends and restraints, shall be avoided before, during and after the tests.
- 3) The relative spacing of conductor pairs shall be preserved throughout the tests to the greatest extent possible.
- 4) Unscreened balanced cable test leads and interconnects shall remain separated from metallic surfaces, such as ground planes, and isolated from sources of electromagnetic interference (EMI).
- 5) The balance of the cables is maintained to the greatest extent possible by consistent conductor lengths and pair twisting to the point of load.
- 6) Coaxial, balanced lead and printed line lengths shall be kept as short as possible so that resonance and parasitic effects are minimized.

- 7) Faire les connexions au symétriseur d'antennes et aux interfaces des embases CI de telle sorte que le mouvement du conducteur résultant de la connexion des différentes paires à l'analyseur de réseaux/aux symétriseurs d'antennes produise une variabilité minimale pour des mesures répétées sur le même câble de référence ( $\pm 0,25$  dB ou moins est acceptable). Lorsque c'est possible, un montage d'essai rigide est recommandé.
- 8) Les conditions de surcharge de l'analyseur de réseaux doivent être évitées.
- 9) La sensibilité aux écarts de montage pour ces mesures à des fréquences élevées nécessite de porter attention aux détails à la fois pour les matériels d'essai et dans les modes opératoires. L'interprétation des données et l'application des prescriptions ne sont appropriées que s'il est possible d'obtenir une répétabilité satisfaisante des mesures de  $\pm 1$  dB.

#### 4.2.8 Compte rendu et précision

Pour chaque essai, il convient de déterminer l'incertitude des mesures, qui doit être calculée en déterminant l'incertitude provenant de chaque source d'erreur exprimée sous la forme de la mesure résultante de l'incertitude dans le résultat. Les valeurs des différentes sources d'erreur sont basées sur les spécifications des instruments, les erreurs calculées à partir de charges d'étalonnage imparfaites et sur l'expérience des mesures. L'incertitude globale estimée des mesures est calculée comme étant le double de la mesure résultante d'incertitude provenant des différentes sources d'erreurs. La mesure résultante d'incertitude se calcule comme suit:

$$\sigma_{\text{res}} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2} \quad (6)$$

où  $\sigma_1$  à  $\sigma_n$  est la mesure de l'incertitude des différentes sources d'erreur.

L'incertitude globale des mesures se définit comme  $2 \times \sigma_{\text{res}}$ , ce qui est approximativement équivalent à un niveau de confiance de 95 %. Une bande d'incertitude des mesures est déterminée de chaque côté de la limite spécifiée.

Les résultats d'essai qui sont hors de la bande d'incertitude sont déclarés «acceptés» ou «refusés». Les résultats d'essai qui sont à l'intérieur de la bande d'incertitude sont déclarés «\*acceptés» ou «\*refusés» selon le cas. Dans quelle mesure des résultats «\*» doivent déterminer soit l'approbation soit la non-approbation de l'élément en essai doit être défini dans les spécifications particulières appropriées ou convenu dans le cadre de la spécification contractuelle.

Un exemple de la façon de faire est donné à la figure 11.

### 4.3 Résistance en boucle en courant continu

Cet essai est applicable aux essais en laboratoire et sur les câbles installés.

#### 4.3.1 Objet

L'objet de cet essai est d'assurer la continuité en courant continu et à basse fréquence des conducteurs.

#### 4.3.2 Méthode d'essai

La mesure de la résistance en boucle doit être effectuée sur chaque paire de fils à l'extrémité proche après avoir appliqué un court-circuit entre chaque fil de la paire concernée à l'autre extrémité.

- 7) Connections to the baluns and IC socket interfaces shall be made in such a way that the conductor movement resulting from the connection of different pairs to the network analyzer/baluns shall produce minimal variability for repeated measurements on the same reference cable ( $\pm 0,25$  dB or less is acceptable). Where practical, a rigid test fixture is recommended.
- 8) Overload conditions of the network analyzer shall be avoided.
- 9) The sensitivity to set-up variations for these measurements at high frequencies demands attention to detail for both the measurement equipment and the procedures. Data interpretation and application of the requirements are appropriate only if a satisfactory measurement repeatability of  $\pm 1$  dB is achieved.

#### 4.2.8 Data reporting and accuracy

The measurement uncertainty shall be determined for each test. This shall be calculated by determining the uncertainty from each error source expressed as the resulting spread in the result. The values of the different error sources are based on instrumentation specifications, calculated errors from imperfect calibration loads and measurement experience. The overall estimated measurement uncertainty is calculated as two times the resulting spread coming from the different error sources. The resulting spread is calculated as:

$$\sigma_{\text{res}} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2} \quad (6)$$

where  $\sigma_1$  to  $\sigma_n$  is the spread of the different error sources.

The overall measurement uncertainty is defined as  $2 \times \sigma_{\text{res}}$ , which is approximately equivalent to a 95 % confidence level. A measurement uncertainty band is determined on both sides of the specified limit.

Test results that are outside the uncertainty band are reported as either 'pass' or 'fail'. Test results that are inside the uncertainty band are reported as either '\*pass' or '\*fail' as appropriate. To which extent '\*' results shall determine approval or disapproval of the element under test shall be defined in the relevant detail specification, or agreed on as part of a contractual specification.

An example of how this may be done is given in figure 11.

### 4.3 DC loop resistance

This test is applicable to laboratory and installed cabling testing.

#### 4.3.1 Object

The object of this test is to ensure the d.c. and low frequency continuity of the conductors.

#### 4.3.2 Test method

The measurement of loop resistance shall be carried out on each wire pair at the near end after applying a short circuit between each wire of that wire pair at the far end.

### 4.3.3 Matériel et montage d'essai

Un ohmmètre à quatre bornes adapté aux mesures de faible résistance doit être utilisé. Les paires à l'extrémité éloignée de l'élément en essai doivent être court-circuitées au plan de référence. Le montage d'essai est indiqué à la figure 4.

### 4.3.4 Procédure

#### 4.3.4.1 Etalonnage

L'ohmmètre doit être étalonné pour  $0\ \Omega$  aux extrémités des conducteurs d'essai. Après étalonnage, les conducteurs d'essai doivent être connectés à l'élément au plan de référence de mesure.

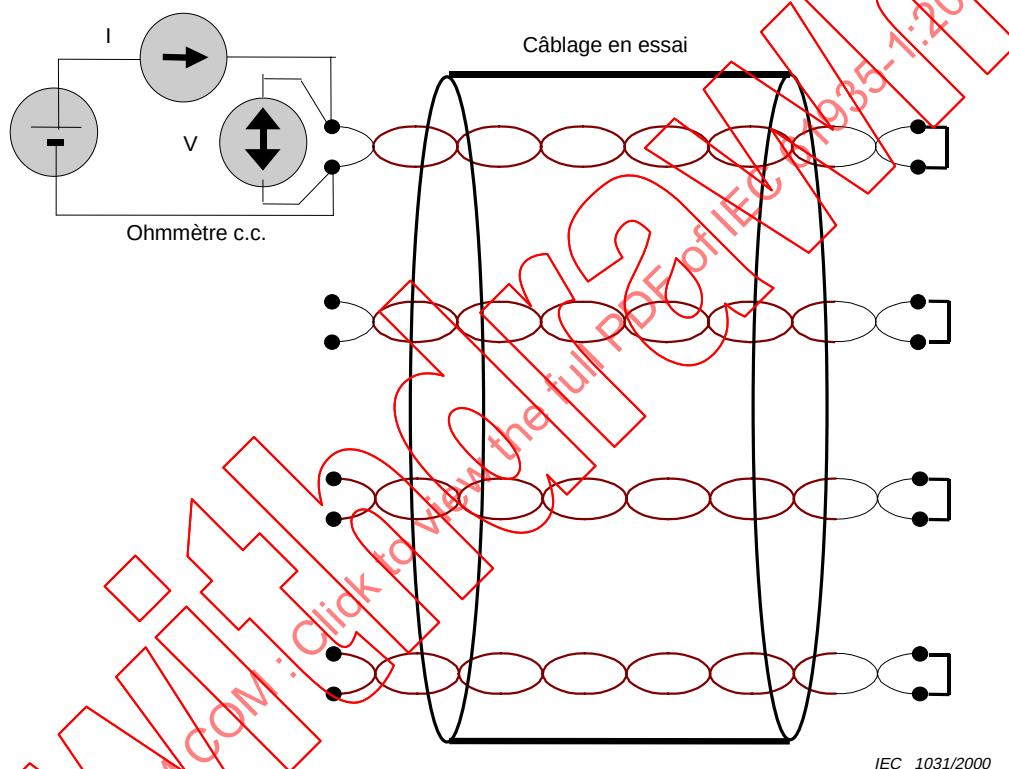


Figure 4 – Mesure de la résistance en boucle

#### 4.3.4.2 Mesure

La résistance en boucle pour les quatre paires doit être mesurée.

### 4.3.5 Procès-verbal d'essai

La valeur mesurée doit être consignée pour la paire de fils ayant la résistance la plus élevée et cette paire doit être identifiée. La résistance la plus élevée doit être comparée aux limites de spécifications des prescriptions.

### 4.3.6 Incertitude

L'incertitude des mesures de résistance en courant continu doit être inférieure à  $0,1\ \Omega$  dans la gamme de  $0\ \Omega$  à  $50\ \Omega$ .

### 4.3.3 Test equipment and set-up

A four terminal ohmmeter suitable for low resistance measurements shall be used. The pairs at the far end of the element under test shall be short-circuited at the reference plane. The test set-up is shown in figure 4.

### 4.3.4 Procedure

#### 4.3.4.1 Calibration

The ohmmeter shall be calibrated for 0  $\Omega$  at the ends of the test leads. After calibration, the test leads shall be connected to the element at the measurement reference plane.

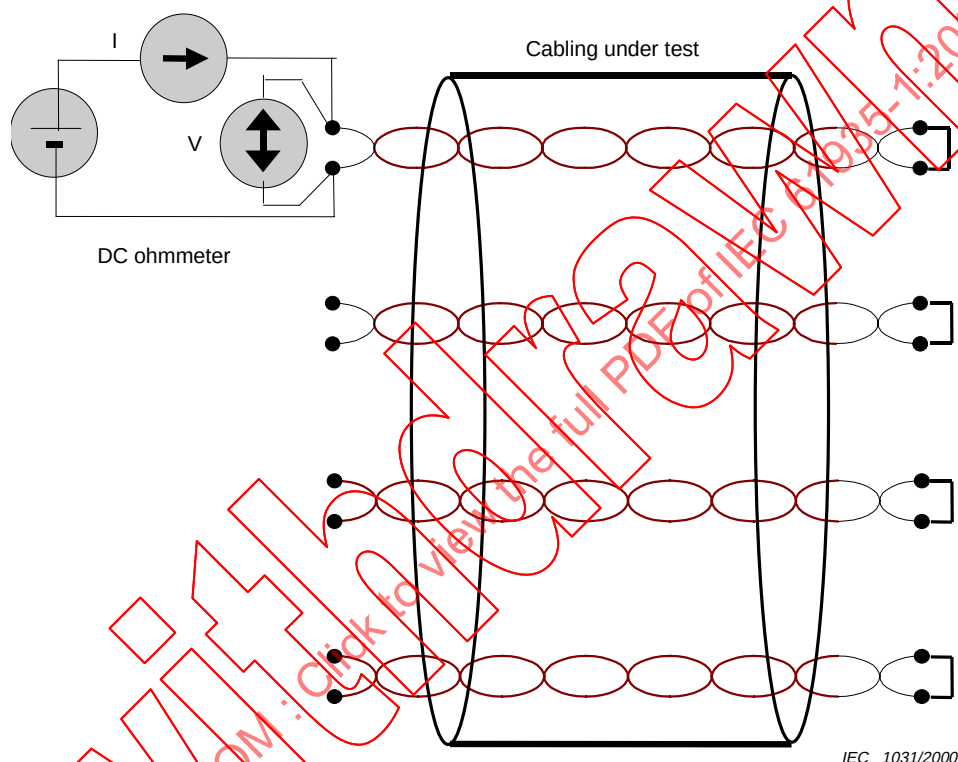


Figure 4 – Loop resistance measurement

#### 4.3.4.2 Measurement

The loop resistance for all four pairs shall be measured.

### 4.3.5 Test report

The measured value shall be reported for the wire pair with the highest resistance and this pair shall be identified. The highest resistance shall be compared to requirement specification limits.

### 4.3.6 Uncertainty

The uncertainty of reference d.c. resistance measurements shall be less than 0,1  $\Omega$  in the range from 0  $\Omega$  to 50  $\Omega$ .

## 4.4 Atténuation

Cet essai s'applique au câblage dans un environnement de laboratoire. Si l'atténuation doit être mesurée pour des éléments installés, à l'aide d'équipements de laboratoire, il faut un générateur et un récepteur séparés.

### 4.4.1 Objet

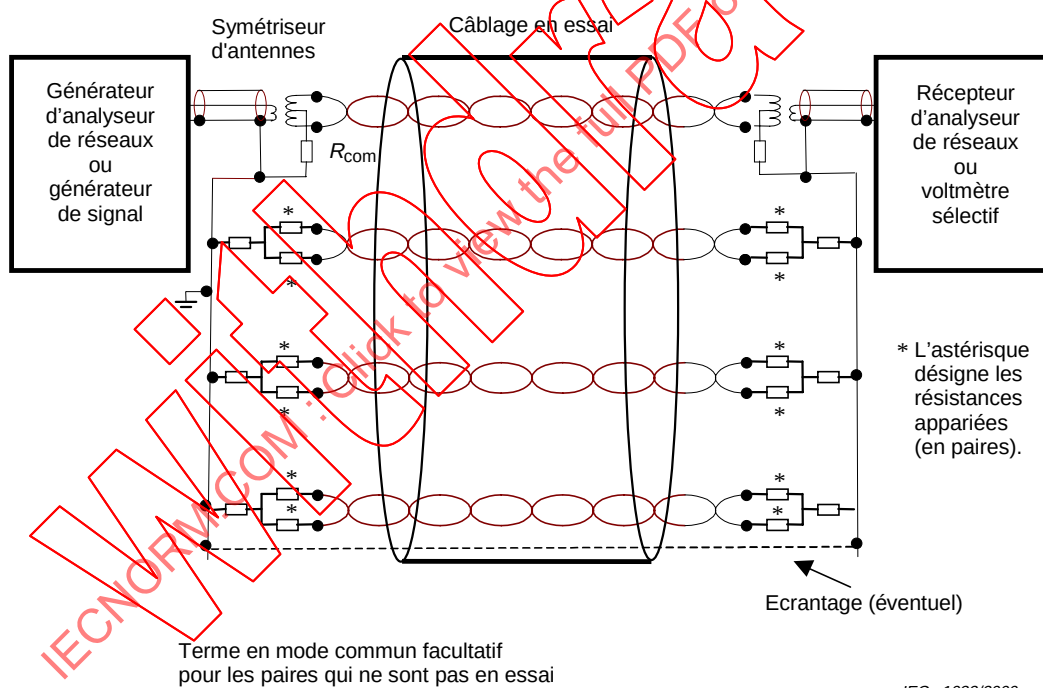
L'objet de cet essai est de mesurer l'atténuation de l'élément en essai.

### 4.4.2 Méthode d'essai

L'atténuation se mesure en déterminant la perte de signal de l'élément de câble en essai, par référence à la perte de signal d'une connexion courte entre les accès d'essai de l'instrument de mesure.

### 4.4.3 Matériel et montage d'essai

Les prescriptions générales pour les instruments s'appliquent (voir 4.2). La configuration d'essai est indiquée à la figure 5. L'élément en essai doit être mesuré aux plans de référence définis à la figure 2.



IEC 1032/2000

Figure 5 – Configuration de l'essai d'atténuation

### 4.4.4 Procédure

#### 4.4.4.1 Etalonnage

Un étalonnage de transmission ( $S_{21}$ ) à deux accès doit être effectué au plan de référence. Pour cela, appliquer un câble d'étalonnage entre les bornes des symétriseurs d'antennes et effectuer la mesure d'étalonnage appropriée. La longueur du câble d'étalonnage doit être égale à la somme des longueurs des câbles de mesure qui terminent les connecteurs d'accouplement.

## 4.4 Attenuation

This test is applicable for cabling in a laboratory environment. If attenuation has to be measured for installed elements using laboratory equipment, then a separate generator and receiver are required.

### 4.4.1 Object

The object of this test is to measure the attenuation of the element being tested.

### 4.4.2 Test method

Attenuation is measured by determining the signal loss of the cabling element under test, referenced to the signal loss of a short connection between the test ports of the measuring instrument.

### 4.4.3 Test equipment and set-up

The general instrumentation requirements apply (see 4.2). The test configuration is shown in figure 5 and the element under test shall be measured at the reference planes defined in figure 2.

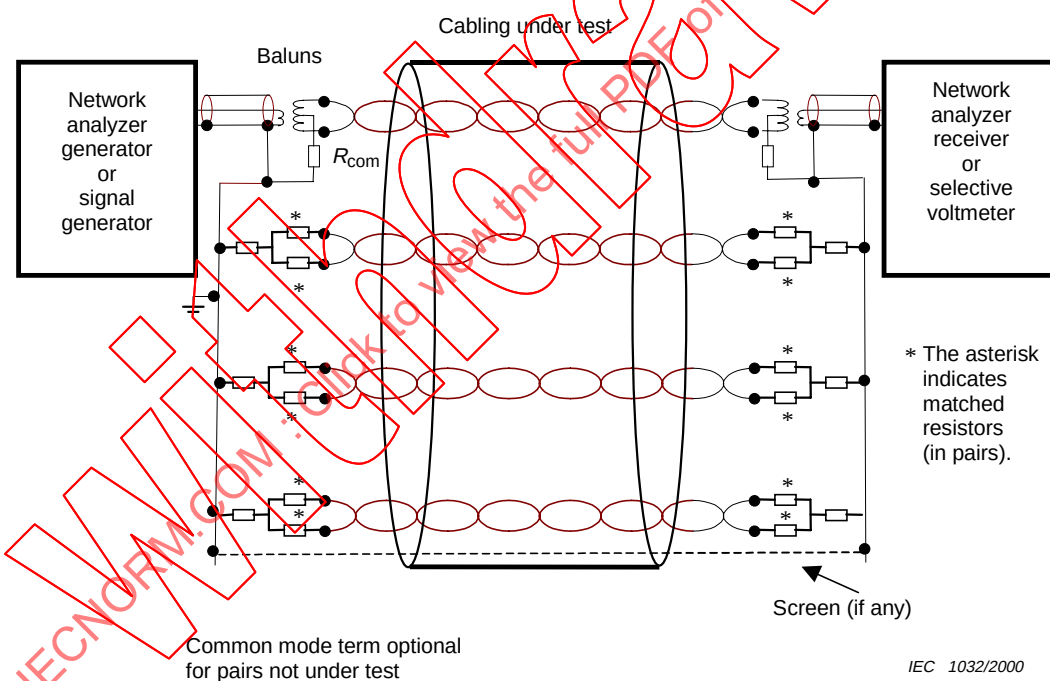


Figure 5 – Attenuation test configuration

### 4.4.4 Procedure

#### 4.4.4.1 Calibration

A transmission ( $S_{21}$ ) two-port calibration shall be performed at the reference plane. This is carried out by applying a calibration cable between the terminals of the baluns and carrying out the appropriate calibration measurement. The length of the calibration cable shall be equal to the sum of the lengths of the measurement cables that terminate the mating connectors.

#### 4.4.4.2 Mesure

Des mesures d'atténuation étalonnées de l'élément de câblage doivent être effectuées. Chaque paire doit être mesurée. Les paires doivent être terminées par des charges conformément à 4.2.2 lorsqu'elles ne sont pas en essai. Les charges selon 4.2.2 doivent être appliquées aux paires de câbles en essai. Des charges en mode commun ne sont pas nécessaires pour les paires qui ne sont pas en essai. Les mesures doivent être effectuées dans la gamme de fréquences spécifiée. La taille de l'échelon de fréquence ne doit pas être supérieure à 0,5 MHz jusqu'à 100 MHz et à 5 MHz jusqu'à 1 000 MHz.

#### 4.4.5 Procès-verbal d'essai

Les résultats mesurés doivent être consignés sous la forme de graphiques ou de tableaux avec les limites de spécification portées sur les graphiques ou dans le tableau aux mêmes fréquences que celles spécifiées dans la spécification particulière correspondante. Les résultats pour toutes les paires doivent être consignés. Il doit être explicitement noté si les résultats mesurés dépassent les limites d'essai.

#### 4.4.6 Correction de température

Les mesures doivent être faites à la même température (entre 20 °C et 25 °C) pendant tout l'essai afin que l'effet du changement de la température soit négligeable. L'atténuation augmente avec la température. L'utilisateur peut alors corriger l'atténuation des segments de câbles à des températures autres que 20 °C (par exemple en utilisant un facteur de 1,5 % par degré Celsius pour un câble de catégorie 3 et de 0,2 % par degré Celsius pour les câbles de catégorie 5 et plus). Le coefficient de température et les températures maximales sont spécifiés dans la spécification appropriée pour les composants.

#### 4.4.7 Incertitude

L'incertitude des mesures d'atténuation de référence pour l'élément doit être inférieure à 0,25 dB.

### 4.5 Temps de propagation et biais temporel

Cet essai s'applique aux éléments dans un environnement de laboratoire uniquement. La méthode d'essai de référence ne peut pas être utilisée pour des câbles installés. Les appareils de contrôle sur le terrain font appel à des méthodes de réflectométrie temporelle. La performance de la précision des mesures du temps de propagation est déterminée par comparaison avec la méthode d'essai de référence décrite dans le présent paragraphe.

#### 4.5.1 Objet

L'objet de cet essai est de mesurer le temps de propagation et le biais temporel de l'élément en essai.

#### 4.5.2 Méthode d'essai

Le temps de propagation se mesure en déterminant le retard de phase d'un signal transmis à travers l'élément à l'aide de l'équation (7).

$$\delta = \frac{\varphi}{2\pi f} \quad (7)$$

où

$\delta$  est le retard de phase;

$\varphi$  est la phase, en radians;

$f$  est la fréquence, en hertz.

#### 4.4.4.2 Measurement

Calibrated attenuation measurements of the cabling element shall be performed. Each pair shall be measured. Pairs shall be terminated with loads according to 4.2.2 when not under test. The loads according to 4.2.2 shall be applied at the test cable pairs. Common mode loads are not needed for pairs not under test. Measurements shall be performed in the specified frequency range. The frequency step size shall be no greater than 0,5 MHz up to 100 MHz and 5 MHz up to 1 000 MHz.

#### 4.4.5 Test report

The measured results shall be reported in graphical or table format with the specification limits shown on the graphs or in the table at the same frequencies as specified in the relevant detail specification. Results for all pairs shall be reported. It shall be explicitly noted if the measured results exceed the test limits.

#### 4.4.6 Temperature correction

The measurements shall be conducted at the same temperature (between 20 °C and 25 °C) throughout the test in order that the effect of the change of temperature is negligible. Attenuation increases with temperature. The user may then correct the attenuation of cable segments at temperatures other than 20 °C (e.g. using a 1,5 % per degree Celsius factor for category 3 cable and 0,2 % per degree Celsius factor for category 5 and higher cable). The temperature coefficient and the maximum temperatures are specified in the relevant specification for the components.

#### 4.4.7 Uncertainty

The uncertainty of reference attenuation measurements for the element shall be less than 0,25 dB.

### 4.5 Propagation delay and delay skew

This test is applicable for elements in a laboratory environment only. The reference test method cannot be used for installed cabling. Field testers use time domain reflectometry (TDR) methods. The performance of field propagation delay measurement accuracy is determined using comparisons with the reference test method described in this subclause.

#### 4.5.1 Object

The object of this test is to measure the propagation delay and delay skew of the element being tested.

#### 4.5.2 Test method

Propagation delay is measured by determining the phase delay of a signal transmitted through the element using equation (7).

$$\delta = \frac{\varphi}{2\pi f} \quad (7)$$

where

- $\delta$  is the phase delay;
- $\varphi$  is the phase, in radians;
- $f$  is the frequency, in hertz.

Le biais temporel est calculé sous la forme de la différence la plus défavorable des temps de propagation pour les paires dans l'élément.

### 4.5.3 Matériel et montage d'essai

Le montage est le même que pour les mesures d'atténuation (voir 4.4.3). L'atténuation et le retard peuvent être mesurés dans le même essai avec un seul balayage, si l'analyseur de réseaux peut mesurer le paramètre complexe de diffusion,  $S_{21}$ .

### 4.5.4 Procédure

#### 4.5.4.1 Etalonnage

Voir 4.4.4.1.

#### 4.5.4.2 Mesure

Voir 4.4.4.2, mais noter que, pour cette mesure, un balayage linéaire de la fréquence doit être appliqué. Les échelons de fréquence doivent être pris assez petits pour faire en sorte que le décalage de phase d'une fréquence de mesure à une autre soit inférieur à  $2\pi$ , ce qui, pour les éléments conformes, s'obtient en limitant les échelons de fréquence à 1,7 MHz ou moins. Afin d'assurer une marge adéquate, les échelons de fréquence ne doivent pas être supérieurs à 1 MHz.

#### 4.5.4.3 Calcul

Certains analyseurs de réseaux donnent un affichage de la trace de phase continue de l'élément en essai. Cet affichage peut être inséré directement dans l'équation (7). En général, l'analyseur de réseaux mesure la phase dans un intervalle de  $\pm\pi$ . Comme le rapport de phase en fonction de la fréquence est une fonction à décroissance continue,  $2\pi$  doit être soustrait de la phase mesurée chaque fois qu'il y a un échelon positif dans la phase mesurée en fonction de la fréquence, par conséquent:

$$\varphi_f = \varphi_m - 2n\pi \quad (8)$$

où

$\varphi_f$  est la phase accumulée;

$\varphi_m$  est la phase mesurée;

$n$  est le nombre de fois où la phase mesurée a passé  $-\pi$  pendant la mesure de la fréquence la plus faible à la fréquence réelle,  $f$ .

Le temps de propagation est calculé en appliquant la formule donnée en (7).

Le biais est calculé sous la forme de la différence entre les temps de propagation mesurés des paires individuelles.

### 4.5.5 Procès-verbal d'essai

Le temps de propagation et le biais sont consignés à 10 MHz. Les résultats à d'autres fréquences doivent être consignés, si la spécification intermédiaire appropriée le demande.

### 4.5.6 Incertitude des mesures du temps de propagation et du biais temporel

L'incertitude des mesures du temps de propagation de référence doit être inférieure à 2,5 ns dans la gamme de 0 ns à 60 ns.

Delay skew is calculated as the worst case difference of propagation delay for the pairs in the element.

#### 4.5.3 Test equipment and set-up

The set-up is the same as for attenuation measurements (see 4.4.3). Attenuation and delay can be measured in the same test with one sweep, if the network analyzer can measure the complex scattering parameter,  $S_{21}$ .

#### 4.5.4 Procedure

##### 4.5.4.1 Calibration

See 4.4.4.1.

##### 4.5.4.2 Measurement

See 4.4.4.2, but note that, for this measurement, a linear frequency sweep shall be applied. The frequency steps shall be made small enough to ensure that the phase shift from one measurement frequency to the next measurement frequency is less than  $2\pi$ . For compliant elements, this is ensured by limiting frequency steps to 1,7 MHz or less. In order to assure an adequate margin, the frequency steps shall be no greater than 1 MHz.

##### 4.5.4.3 Calculation

Some network analyzers give a readout of the continuous phase trace of the tested item. This readout can be directly inserted into equation (7). It is usual for the network analyzer to measure the phase in an interval of  $\pm\pi$ . As the ratio of phase versus frequency is a continuously decreasing function,  $2\pi$  shall be subtracted from the measured phase every time there is a positive step in the measured phase versus frequency trace, therefore:

$$\varphi_f = \varphi_m - 2n\pi \quad (8)$$

where

$\varphi_f$  is the accumulated phase;

$\varphi_m$  is the measured phase;

$n$  is the number of times the measured phase has passed  $-\pi$  during the measurement from the lowest frequency to the actual frequency,  $f$ .

The propagation delay is calculated by applying equation (7).

Skew is calculated as the difference between the measured propagation delays of the individual pairs.

#### 4.5.5 Test report

Propagation delay and skew are reported at 10 MHz. Results at other frequencies shall be reported, if required in the relevant sectional specification.

#### 4.5.6 Uncertainty of propagation delay and delay skew measurements

The uncertainty of reference propagation delay measurements shall be less than 2,5 ns in the range of 0 ns to 60 ns.

L'incertitude des mesures du biais temporel de référence doit être inférieure à 5 ns dans la gamme de 0 ns à 600 ns.

#### 4.6 Paradiaphonie (NEXT) paire à paire et somme des puissances

Cet essai est applicable aux essais en laboratoire et sur les câbles installés.

##### 4.6.1 Objet

L'objet de cet essai est de déterminer le couplage entre un signal appliqué à l'extrémité proche d'une paire de fils et le signal reçu à l'extrémité proche d'une paire de fils différente.

##### 4.6.2 Méthode d'essai

La paradiaphonie est mesurée en appliquant le signal à l'extrémité proche d'une paire de fils et en mesurant le signal couplé à l'extrémité proche d'une paire de fils différente.

##### 4.6.3 Matériel et montage d'essai

Les prescriptions générales relatives aux instruments s'appliquent (voir 4.2). La configuration d'essai est donnée à la figure 6. L'élément en essai doit être mesuré aux plans de référence indiqués à la figure 2.

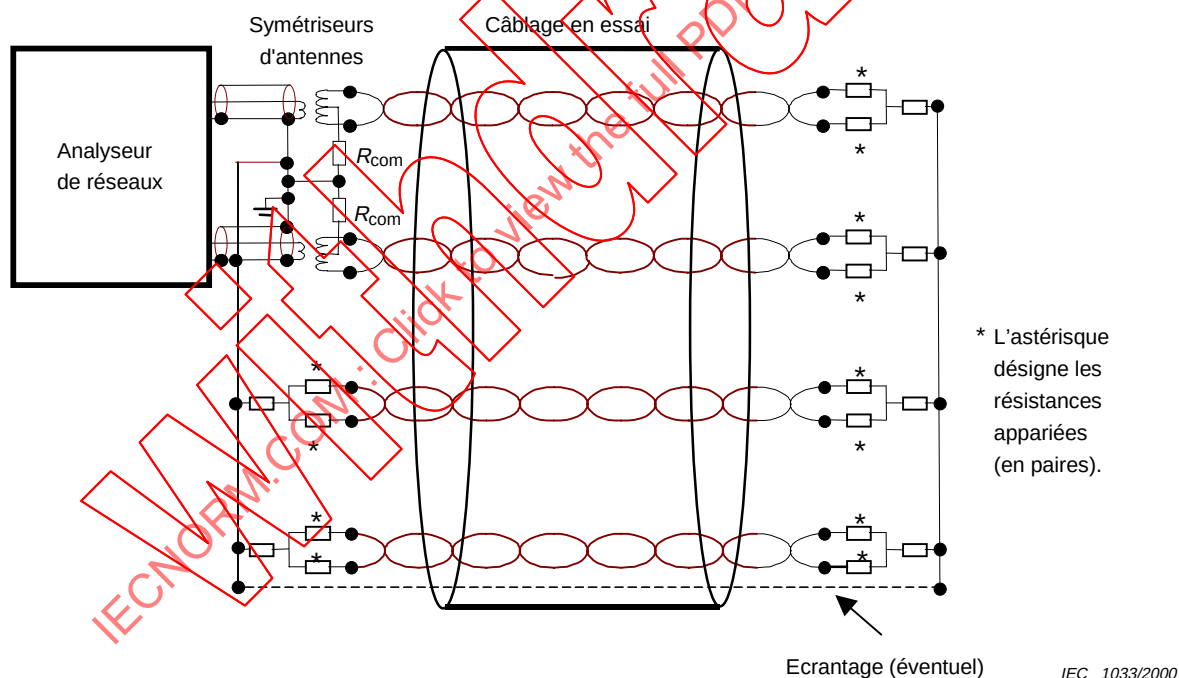


Figure 6 – Configuration d'essai de perte par paradiaphonie

The uncertainty of reference delay skew measurements shall be less than 5 ns in the range of 0 ns to 600 ns.

#### 4.6 Near-end cross-talk (NEXT) pair-to-pair and power sum

This test is applicable to laboratory and installed cabling testing.

##### 4.6.1 Object

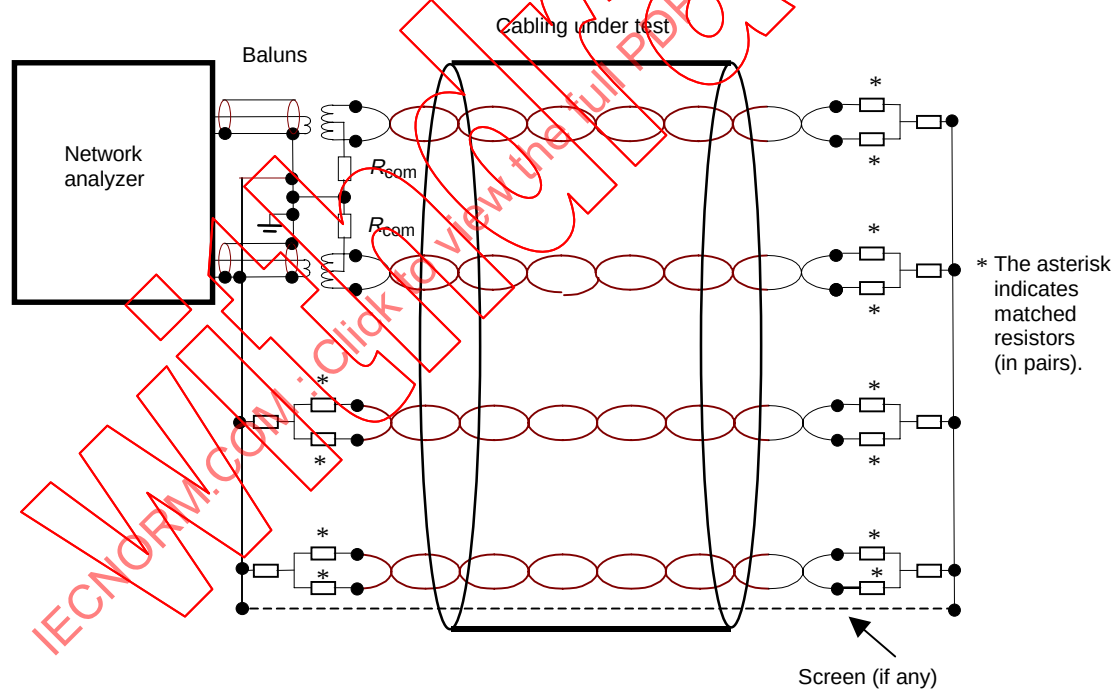
The object of this test is to determine the coupling between a signal applied at the near end of one wire pair and the signal received at the near end of a different wire pair.

##### 4.6.2 Test method

NEXT is measured by applying the signal at the near end of one wire pair and measuring the coupled signal at the near end of a different wire pair.

##### 4.6.3 Test equipment and set-up

The general instrumentation requirements apply (see 4.2). The test configuration is shown in figure 6 and the element under test shall be measured at the reference planes shown in figure 2.



IEC 1033/2000

Figure 6 – NEXT loss test configuration

#### 4.6.4 Procédure

##### 4.6.4.1 Etalonnage

Un étalonnage de transmission ( $S_{21}$ ) doit être effectué au plan de référence.

La paradiaphonie résiduelle doit être déterminée en mesurant la perte d'insertion entre les accès d'essai quand les symétriseurs d'antennes sont terminés par des charges à résistance selon 4.2.2. Si la paradiaphonie résiduelle est plus proche que 30 dB de la perte par paradiaphonie mesurée, un étalonnage de l'isolation doit être effectué. Le seuil de bruit doit être mesuré de la même façon. Si le seuil de bruit est plus proche que 30 dB de la perte par paradiaphonie mesurée, la gamme dynamique doit être augmentée en augmentant la puissance d'essai et en diminuant la largeur de bande de mesure, comme il convient. Pour un élément avec une forte perte par paradiaphonie, cela n'est pas toujours possible et, dans ce cas, la valeur réelle de la paradiaphonie résiduelle et du seuil de bruit doivent être estimés dans le calcul de l'incertitude.

##### 4.6.4.2 Mesure

Des mesures de la perte par paradiaphonie étalonnée de l'élément de câblage doivent être effectuées. Chaque combinaison de paires doit être mesurée à partir de l'extrémité proche et de l'extrémité éloignée de l'élément en essai. Pour un élément à quatre paires, six mesures sont effectuées à chaque extrémité, ce qui donne un total de douze mesures. Les paires doivent être terminées avec des charges selon 4.2.2 lorsqu'elles ne sont pas en essai. Les charges doivent être conformes aux directives données en 4.2.2. Le câblage en essai doit être terminé par un connecteur à l'extrémité éloignée avec des charges à chaque paire. Les paires qui ne sont pas utilisées dans la mesure doivent avoir des terminaisons à l'extrémité proche. Les charges aux deux extrémités doivent fournir des terminaisons différentielles et en mode commun (voir figure 6).

Tous les écrantages, y compris ceux des paires ou quarts écrantés individuellement, doivent être court-circuités aux deux extrémités. Les mesures doivent être effectuées dans la gamme de fréquences spécifiée. Si l'instrument d'essai mesure à des fréquences discrètes, les échelons de fréquence ne doivent pas être supérieurs à 150 kHz jusqu'à 31,25 MHz; à 250 kHz jusqu'à 100 MHz; à 500 kHz jusqu'à 250 MHz et à 2,5 MHz jusqu'à 1 000 MHz.

##### 4.6.4.3 Calcul

La paradiaphonie paire à paire est calculée à partir de:

$$a_{\text{NEXT}}(i, k) = -20 \log |S_{21}| \quad (9)$$

La paradiaphonie de la somme des puissances doit être calculée sur la base des valeurs de la paradiaphonie paire à paire mesurée.

La somme des puissances doit être calculée sur la gamme de fréquences spécifiée à partir de:

$$a_{\text{PSNEXT}}(k) = -10 \log \sum_{i=1, i \neq k}^n 10^{-0,1a_{\text{NEXT}}(i, k)} \quad (10)$$

où

$a_{\text{NEXT}}(i, k)$  est la perte par paradiaphonie entre la paire perturbante  $i$  et la paire perturbée  $k$ ;

$n$  est le nombre de paires;

$a_{\text{PSNEXT}}(k)$  est la somme des puissances de paradiaphonie à la paire perturbée  $k$ .

#### 4.6.4 Procedure

##### 4.6.4.1 Calibration

A transmission ( $S_{21}$ ) calibration shall be performed at the reference plane.

The residual NEXT shall be determined by measuring the insertion loss between the test ports when the baluns are terminated with resistor loads according to 4.2.2. If the residual NEXT is closer than 30 dB to the measured NEXT loss, then an isolation calibration shall be applied. The noise floor shall be measured in the same way. If the noise floor is closer than 30 dB to the measured NEXT loss, then the dynamic range shall be increased by increasing the test power and decreasing the measurement bandwidth, as appropriate. For an element with a high NEXT loss, this is not always possible, in which case the actual value of the residual NEXT and noise floor shall be estimated in the calculation for uncertainty.

##### 4.6.4.2 Measurement

Calibrated NEXT loss measurements of the cabling element shall be performed. Each pair combination shall be measured from the near end and far end of the element under test. For a four pair element, six measurements are performed from each end, providing a total of twelve measurements. Pairs shall be terminated with loads according to clause 4.2.2 when not under test. The loads shall comply with the requirements given in 4.2.2. The cabling under test shall be terminated with a connector at the far end with loads at each pair. Pairs that are not used in the measurement shall have terminations at the near end. Loads at both ends shall provide differential and common mode terminations (see figure 6).

All screens, including those of individually screened pairs or quads, shall be short-circuited at both ends. Measurements shall be performed in the specified frequency range. If the test instrument measures at discrete frequencies, the frequency steps shall be no greater than 150 kHz up to 31,25 MHz; 250 kHz up to 100 MHz; 500 kHz up to 250 MHz and 2,5 MHz up to 1 000 MHz.

##### 4.6.4.3 Calculation

The pair-to-pair NEXT is calculated from:

$$a_{\text{NEXT}}(i, k) = -20 \log |S_{21}| \quad (9)$$

The power sum NEXT shall be calculated based on the measured pair-to-pair NEXT values.

The power sum shall be calculated over the specified frequency range from:

$$a_{\text{PSNEXT}}(k) = -10 \log \sum_{i=1, i \neq k}^n 10^{-0,1a_{\text{NEXT}}(i,k)} \quad (10)$$

where

$a_{\text{NEXT}}(i, k)$  is the NEXT loss between the disturbing pair  $i$  and the disturbed pair  $k$ ;

$n$  is the number of pairs;

$a_{\text{PSNEXT}}(k)$  is the power sum of near-end cross-talk at the disturbed pair  $k$ .

#### 4.6.5 Procès-verbal d'essai

Les résultats mesurés doivent être consignés sous la forme de tableaux ou de graphiques avec les limites de spécification portées sur les graphiques. Les résultats de toutes les combinaisons de paires doivent être consignés pour les mesures de référence. Il doit être explicitement indiqué si les résultats mesurés dépassent les prescriptions.

#### 4.6.6 Incertitude des mesures de paradiaphonie

L'incertitude des mesures de paradiaphonie paire à paire de référence doit être inférieure à 0,6 dB dans la gamme de 0 dB à 60 dB dans la gamme de fréquences de la classe cible.

L'incertitude des mesures de paradiaphonie de la somme des puissances de référence doit être inférieure à 0,8 dB dans la gamme de 0 dB à 57 dB dans la gamme de fréquences de la classe cible.

NOTE Si les prescriptions en matière de paradiaphonie résiduelle et de seuil de bruit ne peuvent pas être atteintes, l'incertitude réelle peut être calculée et consignée (voir 5.4).

### 4.7 Télédiaphonie (FEXT) paire à paire et somme des puissances

Cet essai s'applique aux éléments dans un environnement de laboratoire. Si la télédiaphonie doit être mesurée pour des éléments installés à l'aide d'équipements de laboratoire, un générateur et récepteur séparés sont nécessaires.

#### 4.7.1 Objet

L'objet de cet essai est de déterminer le couplage entre un signal appliqué à l'extrémité proche d'une paire de fils et le signal reçu à l'extrémité éloignée d'une paire de fils différente.

#### 4.7.2 Méthode d'essai

La télédiaphonie est mesurée en appliquant le signal à l'extrémité proche d'une paire de fils et en mesurant le signal couplé à l'extrémité éloignée d'une paire de fils différente.

#### 4.7.3 Matériel et montage d'essai

Les prescriptions générales relatives aux instruments s'appliquent (voir 4.2). La configuration d'essai est donnée à la figure 7. L'élément en essai doit être mesuré aux plans de référence indiqués à la figure 2.

#### 4.6.5 Test report

The measured results shall be reported in table or graphical format with the specification limits shown on the graphs. Results from all pair combinations shall be reported for reference measurements. It shall be explicitly noted if the measured results exceed the requirements.

#### 4.6.6 Uncertainty of NEXT measurements

The uncertainty of reference pair-to-pair NEXT measurements shall be less than 0,6 dB in the range of 0 dB to 60 dB in the frequency range of the target class.

The uncertainty of reference power sum NEXT measurements shall be less than 0,8 dB in the range of 0 dB to 57 dB in the frequency range of the target class.

NOTE If requirements for residual NEXT and noise floor cannot be achieved, the actual uncertainty may be calculated and reported (see 5.4).

#### 4.7 Far-end cross-talk (FEXT) pair-to-pair and power sum

This test is applicable for elements in a laboratory environment. If far end cross-talk has to be measured for installed elements using laboratory equipment, then a separate generator and receiver shall be required.

##### 4.7.1 Object

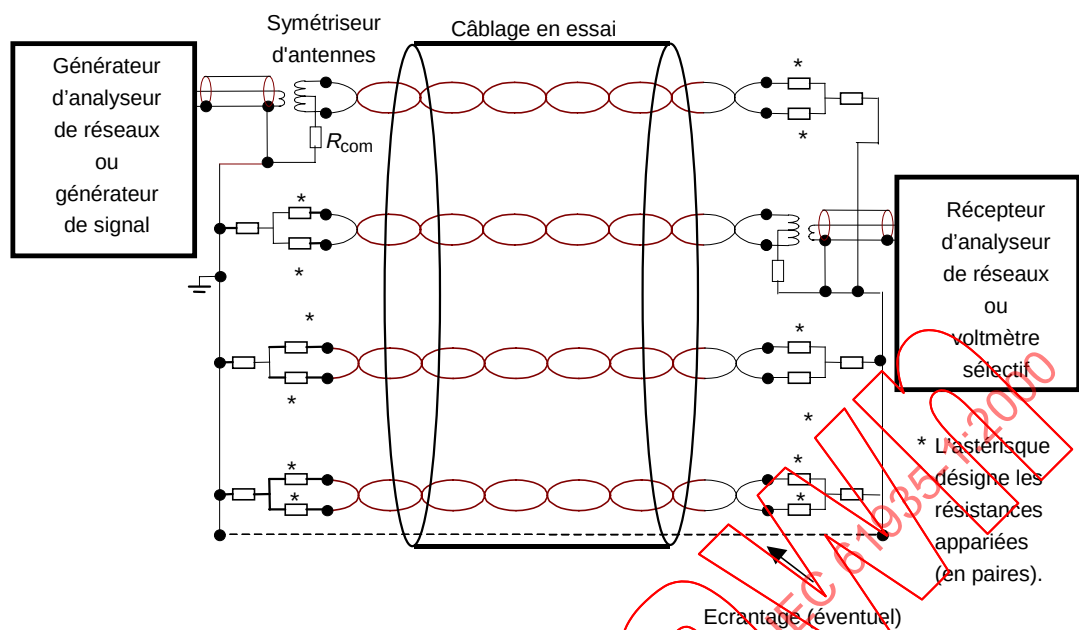
The object of this test is to determine the coupling between a signal applied at the near end of one wire pair and the signal received at the far end on a different wire pair.

##### 4.7.2 Test method

FEXT is measured by applying the signal to the near end of one wire pair and measuring the coupled signal at the far end of a different wire pair.

##### 4.7.3 Test equipment and set-up

The general instrumentation requirements apply (see 4.2). The test configuration is shown in figure 7 and the element under test shall be measured at the reference planes shown in figure 2.



IEC 1034/2000

Figure 7 – Configuration d'essai de perte par télédiaphonie

#### 4.7.4 Procédure

##### 4.7.4.1 Etalonnage

La méthode d'étalonnage est la même que pour la paradiaphonie (voir 4.6.4.1).

##### 4.7.4.2 Mesure

Des mesures de pertes par télédiaphonie de l'élément de câblage doivent être effectuées et chaque combinaison de paires doit être mesurée. Le générateur doit être connecté à une extrémité de l'élément tandis que le récepteur doit être connecté à l'autre extrémité. Il n'est pas nécessaire d'interchanger le générateur et le récepteur puisque  $S_{21} = S_{12}$ . Pour un élément à quatre paires, un total de 12 mesures est nécessaire. Les paires doivent être terminées comme défini pour les mesures de paradiaphonie. Les prescriptions pour la taille maximale des échelons de fréquence sont aussi les mêmes que pour la paradiaphonie (voir 4.6.4.2).

##### 4.7.4.3 Calcul

La télédiaphonie paire à paire est calculée à partir de:

$$a_{\text{FEXT}}(i, k) = -20 \log |S_{21}| \quad (11)$$

La télédiaphonie de la somme des puissances doit être calculée sur la base des valeurs de la télédiaphonie paire à paire mesurée.

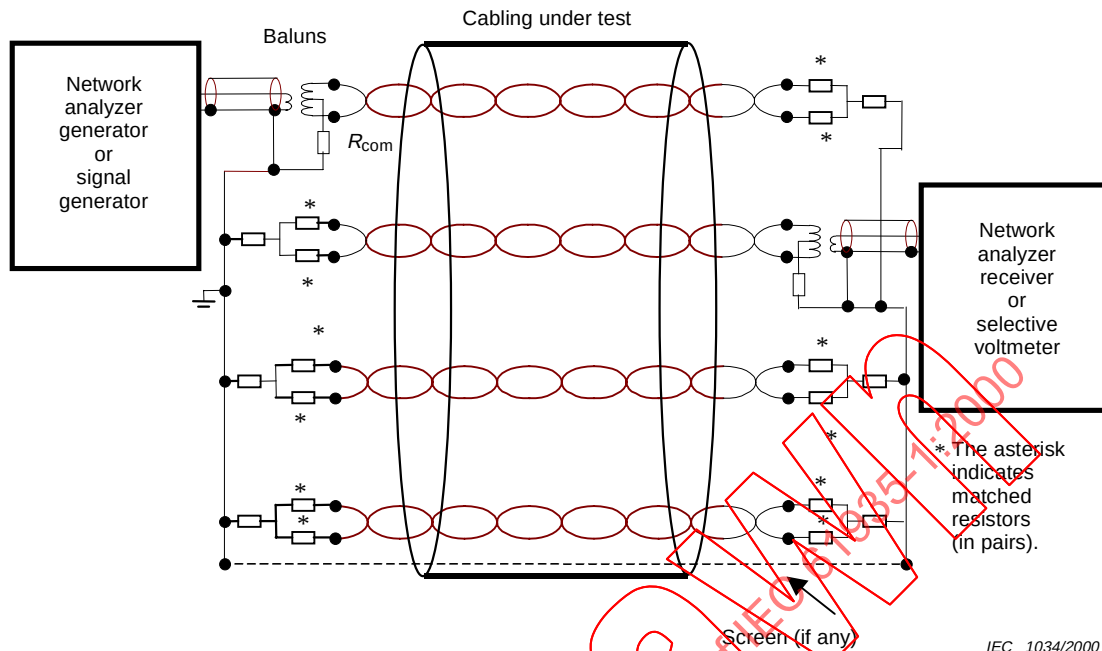


Figure 7 – FEXT loss test configuration

#### 4.7.4 Procedure

##### 4.7.4.1 Calibration

The method of calibration is the same as for NEXT (see 4.6.4.1).

##### 4.7.4.2 Measurement

FEXT loss measurements of the cabling element shall be performed and each pair combination shall be measured. The generator shall be connected to one end of the element whilst the receiver shall be connected to the other end. It is not necessary to interchange generator and receiver as  $S_{21} = S_{12}$ . For a four pair element, a total of 12 measurements are needed. Pairs shall be terminated as defined for NEXT measurements. Requirements for maximum frequency step size are also the same as for NEXT (see 4.6.4.2).

##### 4.7.4.3 Calculation

The pair-to-pair FEXT is calculated from:

$$a_{\text{FEXT}}(i, k) = -20 \log |S_{21}| \quad (11)$$

The power sum FEXT shall be calculated based on the measured pair-to-pair FEXT values.

La somme des puissances doit être calculée sur la gamme de fréquences spécifiée à partir de:

$$a_{\text{PSFEXT}}(k) = -10 \log \sum_{i=1, i \neq k}^n 10^{-0,1a_{\text{FEXT}}(i,k)} \quad (12)$$

où

$a_{\text{FEXT}}(i,k)$  est la perte par télédiaphonie entre la paire perturbante  $i$  et la paire perturbée  $k$ ;

$n$  est le nombre de paires;

$a_{\text{PSFEXT}}(k)$  est la somme des puissances de télédiaphonie à la paire perturbée  $k$ .

#### 4.7.5 Procès-verbal d'essai

Les résultats mesurés doivent être consignés sous la forme de tableaux ou de graphiques avec les limites de spécification portées sur les graphiques. Les résultats de toutes les combinaisons de paires doivent être consignés. Il doit être explicitement indiqué si les résultats mesurés dépassent les prescriptions.

#### 4.7.6 Incertitude des mesures de télédiaphonie

L'incertitude des mesures de télédiaphonie est supposée être approximativement la même que pour les mesures de paradiaphonie (voir 4.6.6).

### 4.8 Télédiaphonie de niveau égal (ELFEXT)

#### 4.8.1 Objet

L'objet de cet essai est de déterminer la perte par télédiaphonie de niveau égal, ELFEXT, par calcul à partir de l'atténuation et de la télédiaphonie mesurées.

#### 4.8.2 Calcul

La télédiaphonie de niveau égal ( $a_{\text{ELFEXT}}$ ) est calculée à partir des expressions:

$$a_{\text{ELFEXT}}(i,k) = a_{\text{FEXT}}(i,k) - a_{\text{IL}}(k) \quad (13)$$

$$a_{\text{ELFEXT}}(k,l) = a_{\text{FEXT}}(k,l) - a_{\text{IL}}(l) \quad (14)$$

NOTE  $a_{\text{FEXT}}(i,k) = a_{\text{FEXT}}(k,i)$

où

$a_{\text{FEXT}}$  est la perte par télédiaphonie mesurée;

$a_{\text{IL}}$  est l'atténuation mesurée de la paire de fils perturbée.

Pour un élément à quatre paires, le nombre total de résultats calculés est de 24 car il y a 12 valeurs de télédiaphonie et deux valeurs d'atténuation pour chaque résultat de télédiaphonie.

La télédiaphonie de niveau égal de la somme des puissances est calculée à partir de l'expression:

$$a_{\text{PSSELFEXT}}(i,k) = a_{\text{PSFEXT}}(i,k) - a_{\text{IL}}(l) \quad (15)$$

où

$a_{\text{PSFEXT}}$  est la télédiaphonie de la somme des puissances (mesurée et calculée);

$a_{\text{IL}}$  est l'atténuation mesurée.

The power sum shall be calculated over the specified frequency range from:

$$a_{\text{PSFEXT}}(k) = -10 \log \sum_{i=1, i \neq k}^n 10^{-0.1 a_{\text{FEXT}}(i,k)} \quad (12)$$

where

$a_{\text{FEXT}}(i,k)$  is the far-end cross-talk loss between the disturbing pair  $i$  and the disturbed pair  $k$ ;

$n$  is the number of pairs;

$a_{\text{PSFEXT}}(k)$  is the power sum of far-end cross-talk at the disturbed pair  $k$ .

#### 4.7.5 Test report

The measured results shall be reported in table or graphical format with the specification limits shown on the graphs. Results from all pair combinations shall be reported. It shall be explicitly noted if the measured results exceed the requirements.

#### 4.7.6 Uncertainty of FEXT measurements

The uncertainty of FEXT measurements is assumed to be approximately the same as for NEXT measurements (see 4.6.6).

### 4.8 Equal level far-end cross-talk (ELFEXT)

#### 4.8.1 Object

The object of this test is to determine the equal level far-end cross-talk, ELFEXT, loss by calculation from the measured attenuation and far-end cross-talk.

#### 4.8.2 Calculation

ELFEXT ( $a_{\text{ELFEXT}}$ ) is calculated from the expressions:

$$a_{\text{ELFEXT}}(i,k) = a_{\text{FEXT}}(i,k) - a_{\text{IL}}(k) \quad (13)$$

$$a_{\text{ELFEXT}}(k,i) = a_{\text{FEXT}}(k,i) - a_{\text{IL}}(i) \quad (14)$$

NOTE  $a_{\text{FEXT}}(i,k) = a_{\text{FEXT}}(k,i)$

where

$a_{\text{FEXT}}$  is the measured far-end cross-talk loss;

$a_{\text{IL}}$  is the measured attenuation of the disturbed wire pair.

For a four pair element, the total number of calculated results is 24 as there are 12 FEXT values and two attenuation values for each FEXT result.

The power sum ELFEXT is calculated from the expression:

$$a_{\text{PSSELFEXT}}(i,k) = a_{\text{PSFEXT}}(i,k) - a_{\text{IL}}(i) \quad (15)$$

where

$a_{\text{PSFEXT}}$  is the power sum FEXT (measured and calculated);

$a_{\text{IL}}$  is the measured attenuation.

### 4.8.3 Procès-verbal d'essai

Voir 4.7.5.

### 4.8.4 Incertitude des mesures de télédiaphonie de niveau égal

L'incertitude des mesures de télédiaphonie de niveau égal est la somme des incertitudes calculées des mesures d'atténuation et de télédiaphonie, et elle doit être calculée comme indiqué en 4.2.8.

## 4.9 Perte par réflexion

Cet essai est applicable aux éléments dans un environnement de laboratoire et pour les câbles installés.

### 4.9.1 Objet

L'objet de cet essai est de mesurer la perte par réflexion du câble équipé.

### 4.9.2 Méthode d'essai

La perte par réflexion est quantifiée en mesurant l'impédance d'entrée de l'élément de câblage, qui est terminé à l'extrémité éloignée par une charge selon 4.2.2, de l'impédance nominale spécifiée.

### 4.9.3 Matériel et montage d'essai

Les prescriptions générales relatives aux instruments s'appliquent (voir 4.2). La configuration d'essai est donnée à la figure 8. L'élément en essai doit être mesuré aux plans de référence indiqués à la figure 2.

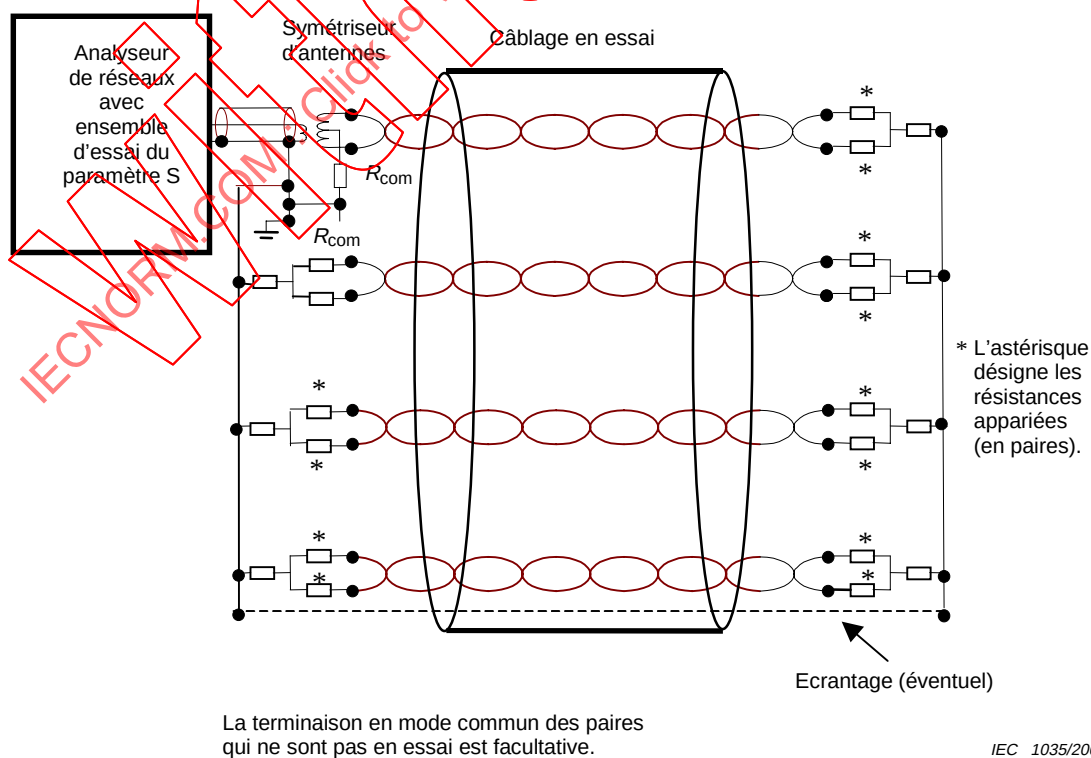


Figure 8 – Configuration d'essai des pertes par réflexion

### 4.8.3 Test report

See 4.7.5.

### 4.8.4 Uncertainty of ELFEXT measurements

The uncertainty of ELFEXT measurements is the calculated summed uncertainties of attenuation and FEXT measurements, and shall be calculated as shown in 4.2.8.

## 4.9 Return loss

This test is applicable to elements in a laboratory environment and for installed cabling.

### 4.9.1 Object

The object of this test is to measure the return loss of the cable assembly.

### 4.9.2 Test method

The return loss is calculated by measuring the input impedance of the cabling element, which is terminated at the far end by a load of the specified nominal impedance according to 4.2.2.

### 4.9.3 Test equipment and set-up

The general instrumentation requirements apply (see 4.2). The test configuration is shown in figure 8. The element under test shall be measured at the reference planes shown in figure 2.

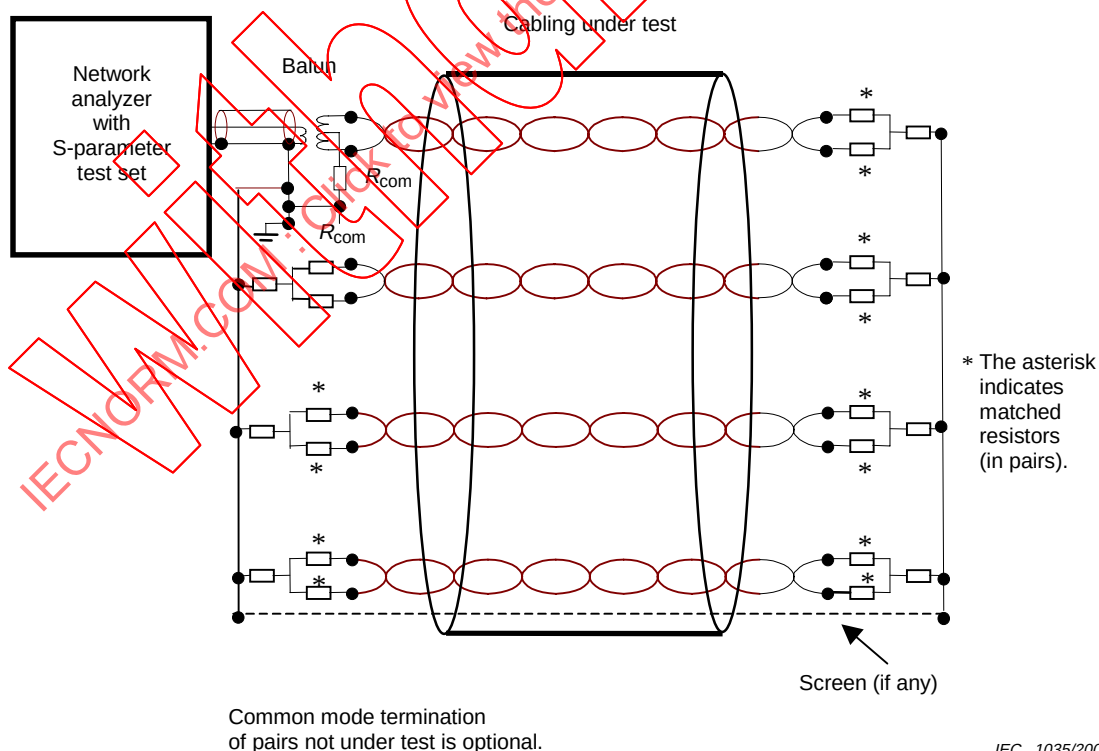


Figure 8 – Return loss test configuration

#### **4.9.4 Procédure**

##### **4.9.4.1 Etalonnage**

Un étalonnage complet à un accès ( $S_{11}$ ) doit être effectué au plan de référence.

##### **4.9.4.2 Mesure**

Chaque paire doit être mesurée. L'extrémité éloignée de l'élément de câblage doit être terminée par des charges selon 4.2.2, qui sont intégrées dans un connecteur qui s'accouple au connecteur de l'extrémité éloignée de l'élément de câblage. Les charges doivent être conformes aux instructions données en 4.2.2. Les paires de l'extrémité proche peuvent être laissées ouvertes quand elles ne sont pas en essai. Les charges en mode commun ne sont pas nécessaires. Si l'instrument d'essai mesure à des fréquences discrètes, les échelons de fréquence ne doivent pas être supérieurs à 250 kHz jusqu'à 100 MHz et à 2,5 MHz jusqu'à 1 000 MHz.

La perte par réflexion pour les deux extrémités de l'élément de câblage doit être mesurée, si la spécification particulière appropriée le demande.

#### **4.9.5 Procès-verbal d'essai**

Les résultats mesurés doivent être consignés sous la forme de tableaux ou de graphiques avec les limites de spécification portées sur les graphiques. Les résultats de toutes les paires doivent être consignés.

#### **4.9.6 Incertitude des mesures de la perte par réflexion**

L'incertitude des mesures de la perte par réflexion doit être supérieure à 1 dB pour les mesures de la perte par réflexion jusqu'à 20 dB et à 2,5 dB pour les mesures de la perte par réflexion jusqu'à 30 dB.

NOTE Ces valeurs sont basées sur une précision de la charge de référence pour l'étalonnage comme spécifié en 4.2.3.

#### **4.10 Atténuation de déséquilibre**

Cet essai est actuellement en préparation.

#### **4.11 Atténuation de l'accouplement**

Cet essai est actuellement en préparation.

### **5 Prescriptions concernant les mesures d'essai sur le terrain pour les propriétés électriques**

#### **5.1 Introduction**

Cet article s'applique aux spécifications concernant les essais sur le terrain pour les mesures de performance après installation des installations de câbles conçues conformément à l'ISO/CEI 11801 (ou équivalent).

Les informations contenues dans cet article utilisent les liaisons définies dans l'ISO/CEI 11801 (ou équivalent), et elles spécifient les paramètres pour les appareils de contrôle sur le terrain, ainsi que les méthodes d'essai et les interprétations des résultats d'essais, apportant une solution pratique aux problèmes liés aux essais sur le terrain. Les classes de liaisons de câble à paires torsadées dont il est fait mention ici correspondent à celles décrites dans l'ISO/CEI 11801 (ou équivalent).

#### **4.9.4 Procedure**

##### **4.9.4.1 Calibration**

A full one-port ( $S_{11}$ ) calibration shall be performed at the reference plane.

##### **4.9.4.2 Measurement**

Each pair shall be measured. The far end of the cabling element shall be terminated with loads according to 4.2.2, which are integrated into a connector which mates with the far end connector of the cabling element. The loads shall comply with the requirements given in 4.2.2. The near end pairs may be left open when not under test. Common mode loads are not needed. If the test instrument measures at discrete frequencies, the frequency steps shall be no greater than 250 kHz up to 100 MHz and 2,5 MHz up to 1 000 MHz.

The return loss for both ends of the cabling element shall be measured, if required by the relevant detail specification.

##### **4.9.5 Test report**

The measured results shall be reported in tabular or graphical format with the specification limits shown on the graphs. Results from all pairs shall be reported.

##### **4.9.6 Uncertainty of return loss measurements**

The uncertainty of return loss measurements shall be better than 1 dB for return loss measurements up to 20 dB and 2,5 dB for return loss measurements up to 30 dB.

NOTE These values are based on an accuracy of the reference load for calibration as specified in 4.2.3.

##### **4.10 Unbalance attenuation**

This test is currently under development.

##### **4.11 Coupling attenuation**

This test is currently under development.

## **5 Field test measurement requirements for electrical properties**

### **5.1 Introduction**

This clause applies to field test specifications for post-installation performance measurements of cable plants designed in accordance with ISO/IEC 11801 (or equivalent).

The information contained in this clause uses the links defined in ISO/IEC 11801 (or equivalent), and specifies parameters for field testers, test methods and interpretations of test results, leading to a practical solution to the issues related to field testing. Classes of twisted pair cabling links referred to herein correspond with those described in ISO/IEC 11801 (or equivalent).

Les matériels pour essais sur le terrain sont classés en niveaux de performance. Actuellement, les niveaux I, II et IIE sont utilisés dans l'industrie. Le présent article spécifie les prescriptions relatives aux appareils de contrôle utilisés pour vérifier les câbles de la classe D comme défini dans l'ISO/CEI 11801, amendement 2. Les appareils de contrôle sur le terrain qui sont conformes à ces prescriptions sont définis comme étant de niveau IIE. Les caractéristiques électriques des appareils de contrôle sur le terrain ainsi que les méthodes d'essai sont décrites en détail. Les caractéristiques requises pour les mesures de fréquence balayées/échelonnées sont décrites afin d'assurer que les mesures sont cohérentes et aussi exactes que possible. D'autres méthodes faisant appel à des techniques de mesure du domaine fréquentiel ou du domaine temporel qui font la preuve de leur équivalence avec les prescriptions énoncées dans cet article sont acceptables. Les méthodes utilisées pour comparer les résultats consignés par les appareils de contrôle sur le terrain et ceux obtenus à l'aide des méthodes de laboratoire sont également décrites.

## **5.2 Configurations de câblage soumises à essai**

Les configurations d'essai de câblage sont décrites en 4.2.4

## **5.3 Paramètres des essais sur le terrain**

### **5.3.1 Généralités**

Les paramètres de mesure des essais sur le terrain suivants et les prescriptions correspondantes ont été spécifiés dans la présente norme.

- inspection de la qualité du travail et essais de connectivité;
- temps de propagation;
- biais temporel;
- longueur;
- atténuation;
- perte par paradiaphonie (NEXT), paire à paire;
- perte par paradiaphonie, somme des puissances;
- perte par télédiaphonie de niveau égal (ELFEXT) paire à paire;
- perte par télédiaphonie de niveau égal, somme des puissances;
- perte par réflexion;
- résistance en boucle en courant continu.

### **5.3.2 Inspection de la qualité du travail et essais de connectivité**

#### **5.3.2.1 Contrôle visuel**

Le contrôle visuel des câbles installés s'effectue en observant si

- l'état, la qualité du travail et la finition sont satisfaisants;
- le marquage est lisible;
- l'absence de dommage mécanique est réelle et s'il n'y a pas de mouvement ni de déplacement intempestif des pièces;
- les matériaux ou les finitions ne présentent pas d'écaillage.

L'examen peut, en général, être effectué sans aucun grossissement.

Field test equipment is classified into performance levels. Currently, levels I, II and IIE are used in the industry. This clause specifies requirements for field test equipment used to verify class D cabling as defined in ISO/IEC 11801, amendment 2. Field test equipment which complies with these requirements is defined as level IIE. This clause specifies in detail the electrical characteristics of field test equipment and test methods. The field test equipment characteristics needed for swept/stepped frequency measurements are described to ensure consistent and reasonably accurate measurements. Other methods using frequency domain or time domain measurement techniques that demonstrate equivalence to the requirements in this clause are acceptable. Methods to compare results reported by field test equipment with those obtained using laboratory methods are also described.

## **5.2 Cabling configurations tested**

The cabling test configurations are described in 4.2.4.

## **5.3 Field test parameters**

### **5.3.1 General**

The following field test measurement parameters and related requirements have been specified in this standard:

- inspection of workmanship and connectivity testing;
- propagation delay;
- delay skew;
- length;
- attenuation;
- near-end cross-talk (NEXT) loss pair-to-pair;
- NEXT loss, power sum;
- equal level far-end cross-talk (ELFEXT) loss pair-to-pair;
- ELFEXT loss, power sum;
- return loss;
- d.c. loop resistance.

### **5.3.2 Inspection of workmanship and connectivity testing**

#### **5.3.2.1 Visual inspection**

Visual inspection of installed cabling is performed by observing whether:

- the condition, workmanship and finish are satisfactory;
- the marking is legible;
- mechanical damage is absent and there is no undesired movement or displacement of parts;
- flaking of materials or finishes is absent.

The examination may generally be carried out without any magnification.

### 5.3.2.2 Table de correspondance des fils

Une table de correspondance des fils est destinée à vérifier que la terminaison de la broche à chaque extrémité est correcte et à rechercher les erreurs de connectivité à l'installation. Pour chacun des conducteurs du câble et pour le ou les écrantages éventuels, la table de correspondance indique:

- la continuité jusqu'à l'extrémité éloignée;
- les courts-circuits entre deux ou plusieurs conducteurs/écran(s);
- les paires transposées;
- les paires inversées;
- les paires divisées;
- toute autre erreur de connexion.

Une connectivité correcte des sorties/connecteurs de télécommunications est définie dans l'ISO/CEI 11801 (ou équivalent), et est illustrée à la figure 9 (pour les câbles à quatre paires).

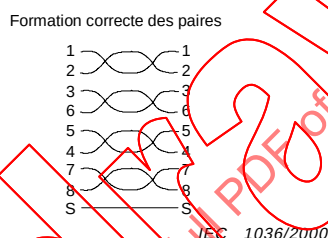


Figure 9 – Formation correcte des paires

Une paire inversée se produit quand la polarité d'une paire de fils est inversée à une extrémité de la liaison (elle est aussi appelée inversion pointe/nuque). Voir, à la figure 10a, une illustration d'une paire inversée.

Une paire transposée se produit quand les deux conducteurs dans une paire de fils sont connectés à la position d'une paire différente à la connexion éloignée. Voir, à la figure 10b, une illustration de paires transposées.

NOTE Les paires transposées sont parfois appelées paires croisées.

Des paires divisées se produisent quand la continuité entre broches est maintenue mais que les paires physiques sont séparées. Voir, à la figure 10c, une illustration de paires divisées.

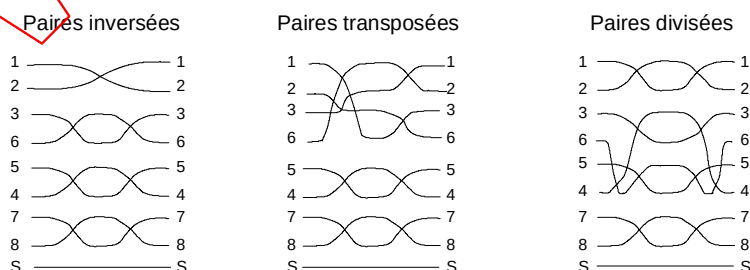


Figure 10a

Figure 10b

Figure 10c

IEC 1037/2000

Figure 10 – Formation incorrecte des paires

Les essais sur les tables de correspondance doivent indiquer la mention «accepté» si le câblage est reconnu correct.

### 5.3.2.2 Wire map

A conductor map test is intended to verify the correct pin termination at each end and to check for installation connectivity errors. For each of the conductors in the cable and the screen(s), if any, the conductor map indicates:

- continuity to the remote end;
- shorts between any two or more conductors/screen(s);
- transposed pairs;
- reversed pairs;
- split pairs;
- any other connection errors.

Correct connectivity of telecommunication outlet/connectors is defined in ISO/IEC 11801 (or equivalent), and is illustrated in figure 9 (for four pair cables).

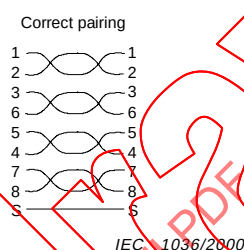


**Figure 9 – Correct pairing**

A reversed pair occurs when the polarity of one wire pair is reversed at one end of the link (it is also called a tip/ring reversal). See figure 10a for an illustration of a reversed pair.

A transposed pair occurs when the two conductors in a wire pair are connected to the position for a different pair at the remote connection. See figure 10b for an illustration of transposed pairs.

NOTE Transposed pairs are sometimes referred to as crossed pairs.

Split pairs occur when pin to pin continuity is maintained but physical pairs are separated. See figure 10c for an illustration of split pairs.

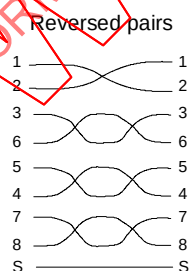


**Figure 10a**

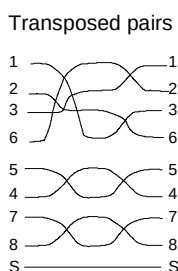


**Figure 10b**

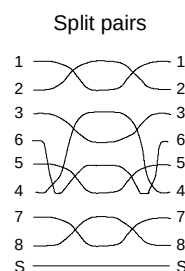


**Figure 10c**

**Figure 10 – Incorrect pairing**

IEC 1037/2000

Wire map tests shall report "pass" if the cabling is determined to be correct.

### 5.3.3 Temps de propagation et biais temporel

Le temps de propagation et le biais temporel peuvent être déterminés à partir de mesures d'angles de phase et sont fonction de la fréquence. Pour les essais sur le terrain, le temps de propagation à 10 MHz doit être consigné, ou bien, le temps de propagation peut être déterminé (approximativement) à partir de mesures de réflectométrie temporelle (TDR). L'appareil de contrôle sur le terrain doit pouvoir mesurer le temps de propagation sur chaque paire de fils.

Les limites d'essai pour les configurations de voie et de liaison permanente doivent être celles spécifiées dans l'ISO/CEI 11801 (ou équivalent). Pour des cordons de 2 m de long placés à chaque extrémité, ce temps de propagation supplémentaire est de 22 ns à 10 MHz.

### 5.3.4 Longueur

La longueur physique de la voie et de la liaison permanente est défini comme étant la somme totale de la longueur physique du câblage entre les plans de référence définis. La longueur physique peut être déterminée en mesurant les longueurs des composants qui constituent le câblage. La longueur des segments de câbles peut être déterminée, le cas échéant, à partir des marquages de longueur sur les câbles.

Les longueurs peuvent aussi être estimées à partir des mesures de la longueur électrique. La longueur électrique est déduite du temps de propagation des signaux et dépend de l'hélice de torsade et du matériau diélectrique.

L'étalonnage de la vitesse nominale de propagation (VNP) est critique pour la précision des mesures de la longueur lors de l'estimation de cette longueur à partir de méthodes soit du domaine fréquentiel soit du domaine temporel. La vitesse nominale de propagation fait référence à la vitesse de propagation du signal dans la paire de fils. Elle s'exprime de façon générale comme une fraction de la vitesse de la lumière dans le vide, par exemple 0,67 c. Une vitesse nominale de propagation mal réglée est la cause la plus courante de l'inexactitude des mesures de longueurs avec les appareils de contrôle sur le terrain. La vitesse nominale de propagation pour un câble donné est fonction de la conception de celui-ci. Elle peut varier largement entre les différents modèles de câbles et dépend également de la fréquence à 1 MHz, la vitesse nominale de propagation peut être jusqu'à 5 % inférieure à la vitesse à 100 MHz.

Il incombe à l'utilisateur de s'assurer que la vitesse nominale de propagation du câble correspond au réglage des appareils de contrôle sur le terrain. Ces derniers doivent fournir une capacité fonctionnelle pour un «étalonnage VNP». La vitesse nominale de propagation dans un échantillon de câble se détermine comme suit:

- 1) Mesurer physiquement la longueur de l'échantillon de câble. Utiliser un échantillon d'au moins 15 m. Une précision plus grande dans la détermination de la vitesse nominale de propagation sera obtenue en utilisant des longueurs plus grandes. Par exemple, si la résolution de la mesure est de 1 m, la meilleure précision de la VNP que l'on puisse attendre pour un câble de 25 m est de 1/25 ou 4 %.
- 2) Régler l'appareil de contrôle sur le terrain en mode «étalonnage VNP». Entrer la distance mesurée dans l'appareil. La vitesse nominale de propagation en tant que fraction de la vitesse de la lumière est calculée comme suit, en utilisant les unités de longueur appropriées:

$$VNP = \frac{\text{Longueur physique}}{\text{Temps de propagation mesuré} \times \text{Vitesse de la lumière dans le vide}} \quad (16)$$

où la vitesse de la lumière dans le vide est de  $3 \times 10^8$  m/s.

### 5.3.3 Propagation delay and delay skew

The propagation delay and delay skew may be determined from phase angle measurements and are frequency dependent. For field testing purposes, the propagation delay at 10 MHz shall be reported. Alternatively, the propagation delay can be determined (approximately) from TDR measurements. The field test equipment shall be capable of measuring the propagation delay on each wire pair.

The test limits for the channel and permanent link configurations shall be as specified in ISO/IEC 11801 (or equivalent). With 2 m long test cords at each end, this additional propagation delay is 22 ns at 10 MHz.

### 5.3.4 Length

The physical length of the channel and permanent link is defined as the sum total of the physical length of the cabling between the defined reference planes. The physical length may be determined by measuring the lengths of the components that make up the cabling. The length of cable segments may be determined from the length markings on the cables, when present.

The lengths can also be estimated from an electrical length measurement. The electrical length is derived from the propagation delay of signals and depends on the twist helix and dielectric material.

The calibration of the nominal velocity of propagation (NVP) is critical to the accuracy of length measurements when estimating length from either frequency or time domain methods. The NVP refers to the velocity of propagation of the signal in the wire pair. It is typically expressed as a fraction of the speed of light in vacuum, for example 0,67 c. An incorrectly set NVP is the most common cause of inaccurate length measurements when using field test equipment. The NVP for any given cable is a function of its design. The NVP can vary widely between different cable designs and is also frequency dependent; at 1 MHz, the NVP can be up to 5 % less than the NVP at 100 MHz.

It is the responsibility of the user to ensure that the NVP of the cable matches the setting of the field testers. Field test equipment shall provide functional capability for “NVP calibration”. The NVP in a cable sample is determined as follows:

- 1) Physically measure the length of the cable sample, using a sample of at least 15 m. Greater accuracy in NVP determination will be obtained using longer lengths. For example, if the resolution of the measurement is 1 m, the best NVP accuracy that can be expected for a 25 m cable is 1/25 or 4 %.
- 2) Set the field test equipment to its “NVP calibration” mode. Enter the measured distance into the tester. The NVP as a fraction of the speed of light is calculated as follows, using appropriate length units:

$$\text{NVP} = \frac{\text{Physical length}}{\text{Measured propagation delay} \times \text{Velocity of light in vacuum}} \quad (16)$$

where the velocity of light in vacuum is  $3 \times 10^8$  m/s.

Utiliser cette vitesse nominale de propagation pour les mesures de longueur ultérieures sur un câble du même rouleau.

La vitesse nominale de propagation est étalonnée sur la paire de fils ayant la plus grande longueur de torsade. Cette paire est la paire qui présente le retard électrique le plus court. Il peut y avoir un écart allant jusqu'à 5 % dans la vitesse nominale de propagation par paire de fils entre différentes paires dans la même gaine, ce qui, avec les rapports de torsade qui varient, explique pourquoi différentes paires dans la même gaine semblent avoir des longueurs différentes.

Pour une évaluation globale des longueurs accepté/refusé, l'appareil de contrôle sur le terrain doit utiliser la longueur mesurée de la même paire de fils pour laquelle la vitesse nominale de propagation a été étalonnée.

Les longueurs maximales de la voie et de la liaison permanente sont spécifiées dans l'ISO/CEI 11801 (ou équivalent).

### 5.3.5 Atténuation

L'atténuation (voir 3.2) peut être déduite des mesures de tension fréquence balayées/étalonnées. Un signal d'entrée équilibré est appliqué à une paire à l'extrémité proche de la liaison tandis que le signal différentiel sur la même paire est mesuré à l'extrémité éloignée.

Les limites d'essai d'atténuation pour la configuration de la voie et de la liaison permanente doivent être celles spécifiées dans l'ISO/CEI 11801 (ou équivalent). L'atténuation augmente avec la température. L'utilisateur peut estimer l'atténuation des segments de câbles à des températures autres que 20 °C en utilisant un facteur selon la norme applicable pour les câblages de classe D et de classe E.

### 5.3.6 Perte par paradiaphonie, paire à paire, perte par paradiaphonie de la somme des puissances

La perte par paradiaphonie paire à paire (voir 3.12) peut être déduite des mesures de tension fréquence balayées/étalonnées. Un signal d'entrée équilibré est appliqué à une paire perturbante à l'extrémité proche de la liaison tandis que le signal différentiel induit sur la paire perturbée est mesuré à l'extrémité proche.

La perte par paradiaphonie de la somme des puissances est calculée à partir de la perte par paradiaphonie paire à paire à une certaine paire de fils. Par exemple, la perte par paradiaphonie de la somme des puissances de la paire de fils 1,2 est donnée par:

$$PS\_NEXT_{12,dB} = -10 \log \left( 10^{\frac{-PP\_NEXT_{12-3,6}}{10}} + 10^{\frac{-PP\_NEXT_{12-4,5}}{10}} + 10^{\frac{-PP\_NEXT_{12-7,8}}{10}} \right) \quad (17)$$

où toutes les quantités de perte par paradiaphonie paire à paire sont supposées être exprimées en unités positives de décibels.

Les limites d'essais de perte par paradiaphonie de la somme des puissances et de perte par paradiaphonie paire à paire pour la voie et la liaison permanente sont spécifiées dans l'ISO/CEI 11801 (ou équivalent).

Use this NVP when making subsequent length measurements on cable from the same spool.

The NVP is calibrated to the wire pair with the longest twist length. It is the pair with the shortest electrical delay. There can be up to 5 % variation in the NVP per wire pair between different pairs in the same sheath. This, together with varying twist ratios, explains why different pairs in the same sheath appear to have different lengths.

For overall pass/fail length evaluation, the field tester shall use the measured length of the same wire pair for which the NVP was calibrated.

The maximum lengths of the channel and permanent link are as specified in ISO/IEC 11801 (or equivalent).

### 5.3.5 Attenuation

Attenuation (see 3.2) can be derived from swept/stepped frequency voltage measurements. A balanced input signal is applied to a pair at the near end of the link while the differential signal on the same pair is measured at the far end.

Attenuation test limits for the channel and permanent link configuration shall be as specified in ISO/IEC 11801 (or equivalent). Attenuation increases with temperature. The user can estimate the attenuation of cable segments at temperatures other than 20 °C using a factor according to the applicable cable standard for class D and class E cabling.

### 5.3.6 Pair-to-pair NEXT loss, power sum NEXT loss

The pair-to-pair NEXT loss (see 3.12) can be derived from swept/stepped frequency voltage measurements. A balanced input signal is applied to a disturbing pair at the near end of the link while the induced differential signal on the disturbed pair is measured at the near end.

The power sum NEXT loss is computed from the pair-to-pair NEXT loss to a certain wire pair. For example, the power sum NEXT loss of the 1,2 wire pair is given by:

$$PS\_NEXT_{12,dB} = -10 \log \left( 10^{\frac{-PP\_NEXT_{12-3,6}}{10}} + 10^{\frac{-PP\_NEXT_{12-4,5}}{10}} + 10^{\frac{-PP\_NEXT_{12-7,8}}{10}} \right) \quad (17)$$

where all pair-to-pair NEXT loss quantities are assumed to be expressed in positive units of decibels.

Pair-to-pair and power sum NEXT loss test limits for the channel and permanent link are as specified in ISO/IEC 11801 (or equivalent).

### 5.3.7 Perte par télédiaphonie de niveau égal paire à paire, perte par télédiaphonie de niveau égal de la somme des puissances

La perte par télédiaphonie de niveau égal (voir 3.14) se calcule à partir des mesures de la perte par télédiaphonie (FEXT) et de l'atténuation.

La télédiaphonie paire à paire (voir 3.13) peut être déduite des mesures de tension fréquence balayées/échelonnées. Un signal d'entrée équilibré est appliqué à une paire perturbante à l'extrémité proche de la liaison tandis que le signal différentiel induit sur la paire perturbée est mesuré à l'extrémité éloignée.

Par exemple, la perte par télédiaphonie de niveau égal pour une paire perturbée de fils 1,2 par une paire perturbante de fils 3,6 est donnée par:

$$ELFEXT_{12-36, dB} = FEXT_{12-36, dB} - \text{perte}_d \text{ insertion}_{12, dB} \quad (18)$$

La perte par télédiaphonie de niveau égal de la somme des puissances est calculée à partir de la perte par télédiaphonie de niveau égal paire à paire à une certaine paire de fils. Par exemple, la perte par télédiaphonie de niveau égal de la somme des puissances d'une paire de fils 1,2 est donnée par:

$$PS\_ELFEXT_{12, dB} = -10 \log \left( 10^{\frac{-PP\_ELFEXT_{1,2-3,6}}{10}} + 10^{\frac{-PP\_ELFEXT_{1,2-4,5}}{10}} + 10^{\frac{-PP\_ELFEXT_{1,2-7,8}}{10}} \right) \quad (19)$$

où toutes les quantités de perte par télédiaphonie de niveau égal paire à paire sont supposées être exprimées en unités positives de décibels.

Les limites d'essais de perte par télédiaphonie de niveau égal de la somme des puissances et de perte par télédiaphonie paire à paire pour la voie et la liaison permanente sont spécifiées dans l'ISO/CEI 11801 (ou équivalent).

### 5.3.8 Perte par réflexion

La perte par réflexion (voir 3.4) est une mesure de l'énergie réfléchie provoquée par de mauvaises adaptations d'impédance dans le système de câblage. La perte par réflexion est surtout importante pour les applications qui font appel à une transmission bidirectionnelle simultanée.

Les limites d'essai de perte par réflexion pour la voie et la liaison permanente sont spécifiées dans l'ISO/CEI 11801 (ou équivalent).

### 5.3.9 Résistance en boucle en courant continu

La résistance en boucle en courant continu est une mesure de la somme totale de la résistance en courant continu des fils d'une paire. L'appareil de contrôle sur le terrain doit pouvoir mesurer séparément les résistances en boucle de chaque paire de fils.

Les limites d'essai de résistance en boucle en courant continu pour la voie et la liaison permanente sont spécifiées dans l'ISO/CEI 11801 (ou équivalent).

### 5.3.7 Pair-to-pair ELFEXT loss, power sum ELFEXT loss

The ELFEXT loss (see 3.14) is computed from far-end cross-talk (FEXT) loss and attenuation measurements.

The pair-to-pair FEXT (see 3.13) can be derived from swept/stepped frequency voltage measurements. A balanced input signal is applied to a disturbing pair at the near end of the link while the induced differential signal on the disturbed pair is measured at the far end.

For example, the ELFEXT loss for a disturbed pair 1,2 wire pair by a disturbing 3,6 wire pair is given by:

$$\text{ELFEXT}_{12-36,\text{dB}} = \text{FEXT}_{12-36,\text{dB}} - \text{insertion\_loss}_{12,\text{dB}} \quad (18)$$

The power sum ELFEXT loss is computed from the pair-to-pair ELFEXT loss to a certain wire pair. For example, the power sum ELFEXT loss of the 1,2 wire pair is given by:

$$\text{PS\_ELFEXT}_{12,\text{dB}} = -10 \log \left( 10^{\frac{-\text{PP\_ELFEXT}_{1,2-3,6}}{10}} + 10^{\frac{-\text{PP\_ELFEXT}_{1,2-4,5}}{10}} + 10^{\frac{-\text{PP\_ELFEXT}_{1,2-7,8}}{10}} \right) \quad (19)$$

where all pair-to-pair ELFEXT loss quantities are assumed to be expressed in positive units of decibels.

Pair-to-pair and power sum ELFEXT loss test limits for the channel and permanent link are as specified in ISO/IEC 11801 (or equivalent).

### 5.3.8 Return loss

The return loss (see 3.4) is a measure of the reflected energy caused by impedance mismatches in the cabling system. The return loss is especially important for applications that use simultaneous bi-directional transmission.

Return loss test limits for the channel and permanent link are as specified in ISO/IEC 11801 (or equivalent).

### 5.3.9 DC loop resistance

The d.c. loop resistance is a measure of the sum total of the d.c. resistance of the wires of a wire pair. The field test equipment shall be able to measure the loop resistances of each wire pair separately.

DC loop resistance test limits for the channel and permanent link are as specified in ISO/IEC 11801 (or equivalent).

## 5.4 Compte rendu et précision

### 5.4.1 Généralités

Un résultat accepté ou refusé pour chaque paramètre doit être déterminé par les limites permises pour ce paramètre. Le résultat des essais d'un paramètre doit être marqué par un astérisque (\*) quand le résultat est plus proche de la limite d'essai que la précision de mesure pour la liaison permanente ou la voie (voir figure 11). Voir aussi, à l'article 6, des informations détaillées sur les prescriptions pour la précision des mesures.

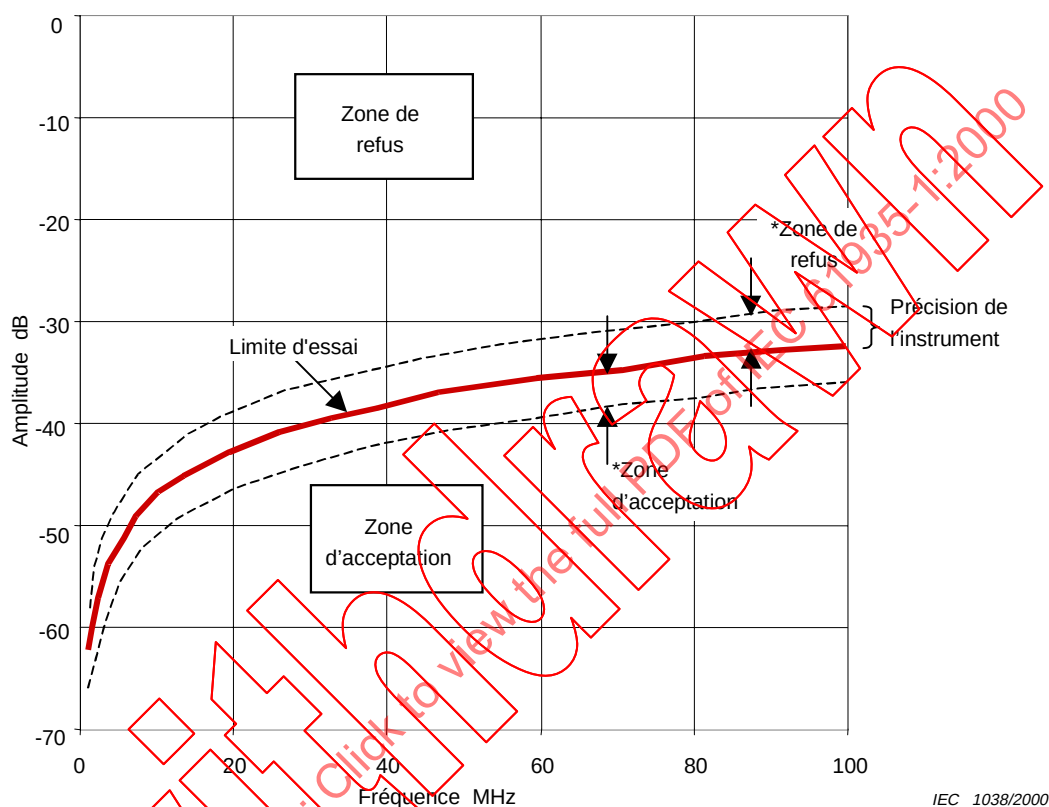


**Figure 11 – Exemple de zone de tolérance des matériels (NEXT)**

La figure 11 est un exemple d'une zone de tolérance des matériels autour d'une limite d'essai accepté/refusé pour la paradiaphonie. Les lignes en pointillé au-dessus et au-dessous des limites d'essai sont décalées par rapport à la limite d'essai par la valeur en décibels égale à la précision de l'instrument. Si la mesure tombe dans la zone au-dessus de la limite, elle est marquée \*refusé. Si la mesure tombe dans la zone au-dessous de la limite d'essai, elle est marquée \*accepté.

Le fabricant de l'appareil de contrôle sur le terrain doit fournir une documentation pour faciliter l'interprétation des résultats marqués d'un astérisque.

Un état accepté ou refusé global doit être déterminé par les résultats des essais individuels requis. Tout résultat refusé ou \*refusé doit entraîner un refus global. Afin d'atteindre un état accepté global, tous les résultats individuels doivent être acceptés ou \*acceptés.

Toute mesure consignée par les matériels d'essai doit avoir une précision spécifiée. Pour les prescriptions concernant la précision, voir l'article 6. L'appareil de contrôle sur le terrain doit pouvoir consigner les données à tous les points mesurés, charger les données dans un PC, comme décrit en 5.4.2 et fournir des résultats sommaires, comme décrit en 5.4.3.

## 5.4 Data reporting and accuracy

### 5.4.1 General

A pass or fail result for each parameter shall be determined by the allowable limits for that parameter. The test result of a parameter shall be marked with an asterisk (\*) when the result is closer to the test limit than the measurement accuracy for the permanent link or channel (see figure 11). See also clause 6 for detailed information on measurement accuracy requirements.

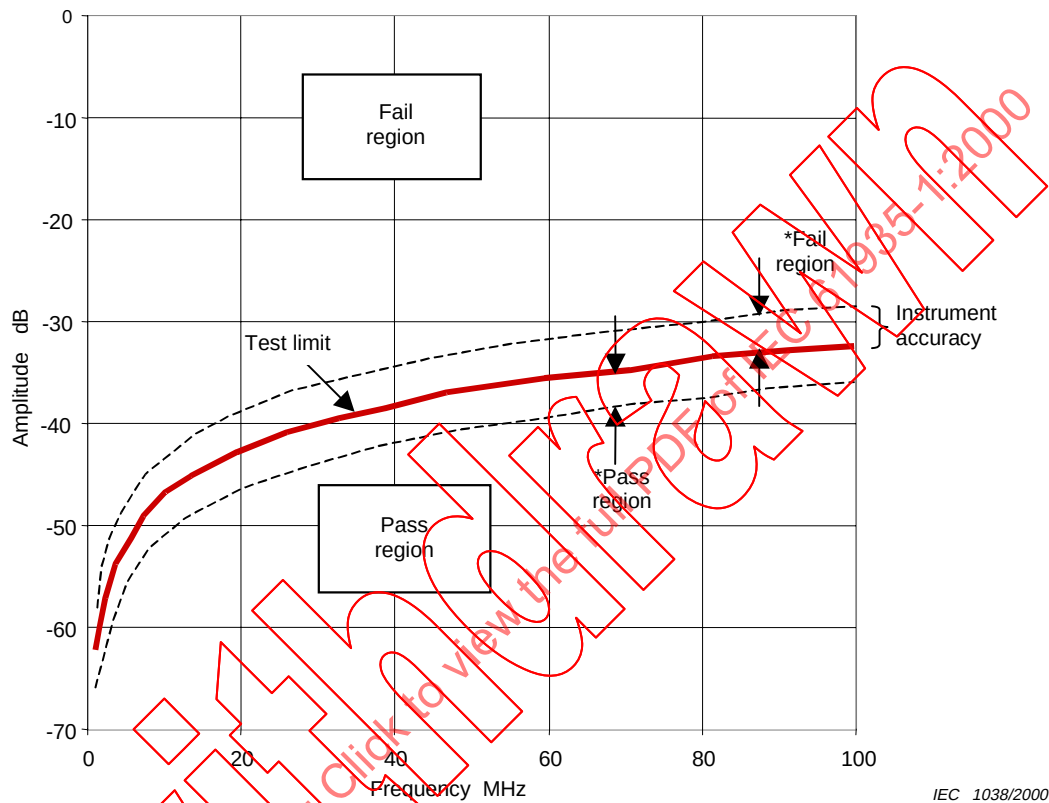


**Figure 11 – Equipment tolerance region example (NEXT)**

Figure 11 shows an example of an equipment tolerance region around a NEXT pass/fail test limit. The dotted lines above and below the test limits are offset from the test limit by the value in decibels equal to the instrument accuracy. If the measurement falls within the region above the limit, the measurement is marked with a \*fail. If the measurement falls within the region below the test limit, the measurement is marked with a \*pass.

The field test equipment manufacturer shall provide documentation as an aid to interpret results marked with asterisks.

An overall pass or fail condition shall be determined by the results of the required individual tests. Any fail or \*fail shall result in an overall fail. In order to achieve an overall pass condition, all individual results shall be pass or \*pass.

Any measurement reported by the test equipment shall have a specified accuracy. For accuracy requirements, see clause 6. The field test equipment shall be capable of recording data at all measured points, of uploading the data to a PC, as described in 5.4.2, and of providing summary results, as described in 5.4.3.

### 5.4.2 Résultats détaillés

L'appareil de contrôle sur le terrain doit pouvoir consigner toutes les informations relatives à la connectivité, ainsi que les valeurs mesurées de chaque paramètre à chaque point de mesure de fréquence.

En outre, les résultats détaillés doivent comprendre un résultat ACCEPTÉ/REFUSÉ pour chacun des éléments suivants, le cas échéant:

- table de correspondance, y compris connexion de l'écran, le cas échéant;
- atténuation;
- perte par paradiaphonie, paire à paire, mesurée depuis l'extrémité locale;
- perte par paradiaphonie, paire à paire, mesurée depuis l'extrémité éloignée;
- perte par paradiaphonie, somme des puissances, à l'extrémité locale;
- perte par paradiaphonie, somme des puissances, à l'extrémité éloignée;
- perte par télédiaphonie de niveau égal paire à paire;
- perte par télédiaphonie de niveau égal, somme des puissances;
- perte par réflexion, mesurée depuis l'extrémité locale;
- perte par réflexion, mesurée depuis l'extrémité éloignée;
- temps de propagation;
- biais temporel;
- résistance en boucle en courant continu.

### 5.4.3 Résultats sommaires

Des informations détaillées peuvent être nécessaires dans certaines circonstances; cependant, en général, une information sommaire sur la performance est suffisante. L'appareil de contrôle sur le terrain doit pouvoir consigner l'information sommaire minimale, comme le montre le tableau 2.

### 5.4.2 Detailed results

The field test equipment shall be capable of recording all connectivity information, as well as the measured values of every parameter at every frequency data point.

In addition, the detailed results shall include a PASS/FAIL result for each of the following, as applicable:

- wire map, including shield connection, if present;
- attenuation;
- NEXT loss pair-to-pair, measured from local end;
- NEXT loss pair-to-pair, measured from remote end;
- NEXT loss, power sum, at local end;
- NEXT loss, power sum, at remote end;
- ELFEXT loss pair-to-pair;
- ELFEXT loss, power sum;
- return loss, measured from local end;
- return loss, measured from remote end;
- propagation delay;
- delay skew;
- d.c. loop resistance.

### 5.4.3 Summary results

Detailed information may be required in certain circumstances; however, in general, summary performance information is sufficient. The field test equipment shall be capable of reporting the minimum summary information, as shown in table 2.

**Tableau 2 – Résumé des prescriptions concernant les rapports  
pour les appareils de contrôle sur le terrain**

| Fonction                                   | Mesurée depuis l'extrémité locale ou l'extrémité éloignée (si des mesures dans les deux sens ne sont pas requises)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Mesurée depuis l'extrémité éloignée (si une mesure depuis l'extrémité éloignée est requise)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Table de correspondance</b>             | Toute connectivité, y compris les écrantages (éventuels)<br>Accepté/refusé                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Atténuation</b>                         | Atténuation la plus défavorable (1 sur 4 possibles)<br>Limite d'essai à l'atténuation la plus défavorable<br>Fréquence à l'atténuation la plus défavorable<br>Paire de fils avec l'atténuation la plus défavorable<br>Accepté/refusé                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Perte par NEXT paire à paire</b>        | Perte par NEXT paire à paire la plus défavorable (1 sur 6 possibles)<br>Limite d'essai à la perte par NEXT paire à paire la plus défavorable<br>Fréquence à la perte par NEXT paire à paire la plus défavorable<br>Combinaison de paires à la perte par NEXT paire à paire la plus défavorable<br>Marge de perte par NEXT paire à paire la plus défavorable (1 sur 6 possibles)<br>Limite d'essai à la marge de perte par NEXT paire à paire la plus défavorable<br>Fréquence à la marge de perte par NEXT paire à paire la plus défavorable<br>Combinaison de paires à la marge de perte par NEXT paire à paire la plus défavorable<br>Accepté/refusé                                                                                         | Perte par NEXT paire à paire la plus défavorable (1 sur 6 possibles)<br>Limite d'essai à la perte par NEXT paire à paire la plus défavorable<br>Fréquence à la perte par NEXT paire à paire la plus défavorable<br>Combinaison de paires à la perte par NEXT paire à paire la plus défavorable<br>Marge de perte par NEXT paire à paire la plus défavorable (1 sur 6 possibles)<br>Limite d'essai à la marge de perte par NEXT paire à paire la plus défavorable<br>Fréquence à la marge de perte par NEXT paire à paire la plus défavorable<br>Combinaison de paires à la marge de perte par NEXT paire à paire la plus défavorable<br>Accepté/refusé                                                                                         |
| <b>Perte par NEXT somme des puissances</b> | Perte par NEXT de la somme des puissances la plus défavorable (1 sur 4 possibles)<br>Limite d'essai à la perte par NEXT de la somme des puissances la plus défavorable<br>Fréquence à la perte par NEXT de la somme des puissances la plus défavorable<br>Paire de fils à la perte par NEXT de la somme des puissances la plus défavorable<br>Marge de perte par NEXT de la somme des puissances la plus défavorable (1 sur 4 possibles)<br>Limite d'essai à la marge de perte par NEXT de la somme des puissances la plus défavorable<br>Fréquence à la marge de perte par NEXT de la somme des puissances la plus défavorable<br>Paire de fils à la marge de perte par NEXT de la somme des puissances la plus défavorable<br>Accepté/refusé | Perte par NEXT de la somme des puissances la plus défavorable (1 sur 4 possibles)<br>Limite d'essai à la perte par NEXT de la somme des puissances la plus défavorable<br>Fréquence à la perte par NEXT de la somme des puissances la plus défavorable<br>Paire de fils à la perte par NEXT de la somme des puissances la plus défavorable<br>Marge de perte par NEXT de la somme des puissances la plus défavorable (1 sur 4 possibles)<br>Limite d'essai à la marge de perte par NEXT de la somme des puissances la plus défavorable<br>Fréquence à la marge de perte par NEXT de la somme des puissances la plus défavorable<br>Paire de fils à la marge de perte par NEXT de la somme des puissances la plus défavorable<br>Accepté/refusé |

**Table 2 – Summary of reporting requirements for field test equipment**

| Function                          | Measured from local end or remote end<br>(if measurements from both directions<br>are not required)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Measured from remote end<br>(if measurement from remote end<br>is required)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Wire map</b>                   | All connectivity, including shields (if present)<br>Pass/fail                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Attenuation</b>                | Worst case attenuation<br>(1 of 4 possible)<br><br>Test limit at worst case attenuation<br><br>Frequency at worst case attenuation<br><br>Wire pair with worst case attenuation<br><br>Pass/fail                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>NEXT loss<br/>pair-to-pair</b> | Worst case pair-to-pair NEXT loss<br>(1 of 6 possible)<br><br>Test limit at worst case<br>pair-to-pair NEXT loss<br><br>Frequency at worst case<br>pair-to-pair NEXT loss<br><br>Pair combination at worst case pair-to-pair<br>NEXT loss<br><br><br>Worst case pair-to-pair NEXT loss margin<br>(1 of 6 possible)<br><br>Test limit at worst case pair-to-pair NEXT<br>loss margin<br><br>Frequency at worst case pair-to-pair NEXT<br>loss margin<br><br>Pair combination at worst case pair-to-pair<br>NEXT loss margin<br><br>Pass/fail | Worst case pair-to-pair NEXT loss<br>(1 of 6 possible)<br><br>Test limit at worst case<br>pair-to-pair NEXT loss<br><br>Frequency at worst case<br>pair-to-pair NEXT loss<br><br>Pair combination at worst case pair-to-pair<br>NEXT loss<br><br><br>Worst case pair-to-pair NEXT loss margin<br>(1 of 6 possible)<br><br>Test limit at worst case pair-to-pair NEXT<br>loss margin<br><br>Frequency at worst case pair-to-pair NEXT<br>loss margin<br><br>Pair combination at worst case pair-to-pair<br>NEXT loss margin<br><br>Pass/fail |
| <b>NEXT loss<br/>power sum</b>    | Worst case power sum NEXT loss<br>(1 of 4 possible)<br><br>Test limit at worst case<br>power sum NEXT loss<br><br>Frequency at worst case<br>power sum NEXT loss<br><br>Wire pair at worst case<br>power sum NEXT loss<br><br><br>Worst case power sum NEXT loss margin<br>(1 of 4 possible)<br><br>Test limit at worst case power sum NEXT<br>loss margin<br><br>Frequency at worst case power sum NEXT<br>loss margin<br><br>Wire pair at worst case power sum NEXT<br>loss margin<br><br>Pass/fail                                       | Worst case power sum NEXT loss<br>(1 of 4 possible)<br><br>Test limit at worst case<br>power sum NEXT loss<br><br>Frequency at worst case<br>power sum NEXT loss<br><br>Wire pair at worst case<br>power sum NEXT loss<br><br><br>Worst case power sum NEXT loss margin<br>(1 of 4 possible)<br><br>Test limit at worst case power sum NEXT<br>loss margin<br><br>Frequency at worst case power sum NEXT<br>loss margin<br><br>Wire pair at worst case power sum NEXT<br>loss margin<br><br>Pass/fail                                       |

**Tableau 2 (suite)**

| Fonction                                     | Mesurée depuis l'extrémité locale ou l'extrémité éloignée (si des mesures dans les deux sens ne sont pas requises)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Mesurée depuis l'extrémité éloignée (si une mesure depuis l'extrémité éloignée est requise)                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Perte par ELFEXT paire à paire</b>        | <p>Perte par ELFEXT paire à paire la plus défavorable<br/>(1 sur 24 possibles)</p> <p>Limite d'essai à la perte par ELFEXT paire à paire la plus défavorable</p> <p>Fréquence à la perte par ELFEXT paire à paire la plus défavorable</p> <p>Combinaison de paires à la perte par ELFEXT paire à paire la plus défavorable<br/>(paire perturbante, paire perturbée)</p> <p>Marge de perte par ELFEXT paire à paire la plus défavorable</p> <p>Limite d'essai à la marge de perte par ELFEXT paire à paire la plus défavorable</p> <p>Fréquence à la marge de perte par ELFEXT paire à paire la plus défavorable</p> <p>Combinaison de paires à la marge de perte par ELFEXT paire à paire la plus défavorable<br/>(paire perturbante, paire perturbée)</p> <p>Accepté/refusé</p>                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Perte par ELFEXT somme des puissances</b> | <p>Perte par ELFEXT de la somme des puissances la plus défavorable<br/>(1 sur 8 possibles)</p> <p>Limite d'essai à la perte par ELFEXT de la somme des puissances la plus défavorable</p> <p>Fréquence à la perte par ELFEXT de la somme des puissances la plus défavorable</p> <p>Paire de fils à la perte par ELFEXT de la somme des puissances la plus défavorable</p> <p>Marge de perte par ELFEXT de la somme des puissances la plus défavorable<br/>(1 sur 8 possibles)</p> <p>Limite d'essai à la marge de perte par ELFEXT de la somme des puissances la plus défavorable</p> <p>Fréquence à la marge de perte par ELFEXT de la somme des puissances la plus défavorable</p> <p>Paire à la marge de perte par ELFEXT de la somme des puissances la plus défavorable<br/>(paire perturbante, paire perturbée)</p> <p>Accepté/refusé</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Perte par réflexion</b>                   | <p>Marge de perte par réflexion la plus défavorable<br/>(1 sur 4 possibles)</p> <p>Limite d'essai à la marge de perte par réflexion la plus défavorable</p> <p>Perte par réflexion à la marge de perte par réflexion la plus défavorable</p> <p>Fréquence à laquelle se produit la marge la plus défavorable</p> <p>Accepté/refusé</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p>Marge de perte par réflexion la plus défavorable<br/>(1 sur 4 possibles)</p> <p>Limite d'essai à la marge de perte par réflexion la plus défavorable</p> <p>Perte par réflexion à la marge de perte par réflexion la plus défavorable</p> <p>Fréquence à laquelle se produit la marge la plus défavorable</p> <p>Accepté/refusé</p> |

**Table 2** (continued)

| Function                            | Measured from local end or remote end<br>(if measurements from both directions<br>are not required)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Measured from remote end<br>(if measurement from remote end<br>is required)                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ELFEXT loss<br/>pair-to-pair</b> | <p>Worst case pair-to-pair ELFEXT loss<br/>(1 of 24 possible)</p> <p>Test limit at worst case<br/>pair-to-pair ELFEXT loss</p> <p>Frequency at worst case<br/>pair-to-pair ELFEXT loss</p> <p>Pair combination at worst case pair-to-pair<br/>ELFEXT loss (disturber, disturbed)</p> <p>Worst case pair-to-pair ELFEXT loss margin</p> <p>Test limit at worst case pair-to-pair ELFEXT<br/>loss margin</p> <p>Frequency at worst case pair-to-pair ELFEXT<br/>loss margin</p> <p>Pair combination at worst case pair-to-pair<br/>ELFEXT loss margin (disturber, disturbed)</p> <p>Pass/fail</p> |                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>ELFEXT loss<br/>power sum</b>    | <p>Worst case power sum ELFEXT loss<br/>(1 of 8 possible)</p> <p>Test limit at worst case<br/>power sum ELFEXT loss</p> <p>Frequency at worst case<br/>power sum ELFEXT loss</p> <p>Pairs at worst case power sum<br/>ELFEXT loss (disturber, disturbed)</p> <p>Worst case power sum ELFEXT loss margin<br/>(1 of 8 possible)</p> <p>Test limit at worst case power sum ELFEXT<br/>loss margin</p> <p>Frequency at worst case power sum ELFEXT<br/>loss margin</p> <p>Pair at worst case power sum ELFEXT loss<br/>margin (disturber, disturbed)</p> <p>Pass/fail</p>                           |                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Return loss</b>                  | <p>Worst case return loss margin<br/>(1 of 4 possible)</p> <p>Test limit at worst case return loss margin</p> <p>Return loss at worst case return loss margin</p> <p>Frequency at which worst case margin<br/>occurs</p> <p>Pass/fail</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <p>Worst case return loss margin<br/>(1 of 4 possible)</p> <p>Test limit at worst case return loss margin</p> <p>Return loss at worst case return loss margin</p> <p>Frequency at which worst case margin<br/>occurs</p> <p>Pass/fail</p> |

**Tableau 2 (fin)**

| <b>Fonction</b>                                | <b>Mesurée depuis l'extrémité locale ou l'extrémité éloignée (si des mesures dans les deux sens ne sont pas requises)</b>                                      | <b>Mesurée depuis l'extrémité éloignée (si une mesure depuis l'extrémité éloignée est requise)</b> |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Temps de propagation</b>                    | Temps de propagation le plus défavorable (1 sur 4 possibles)<br>Limite d'essai au temps de propagation le plus défavorable<br>Accepté/refusé                   |                                                                                                    |
| <b>Biais temporel</b>                          | Biais temporel le plus défavorable (1 sur 1 possible)<br>Limite d'essai du biais temporel<br>Accepté/refusé                                                    |                                                                                                    |
| <b>Résistance en boucle en courant continu</b> | Résistance en boucle en courant continu la plus défavorable (1 sur 4 possibles)<br>Limite d'essai de résistance en boucle en courant continu<br>Accepté/refusé |                                                                                                    |

## **5.5 Procédures de mesures sur le terrain**

### **5.5.1 Généralités**

Tous les paramètres appropriés spécifiés dans l'ISO/CEI 11801 (ou équivalent) doivent être soumis aux essais.

### **5.5.2 Vérification de la cohérence pour les appareils de contrôle sur le terrain**

Le fabricant de l'appareil de contrôle sur le terrain doit mettre à la disposition de l'utilisateur une procédure simple permettant de vérifier, de consigner et d'enregistrer la cohérence de l'essai effectué sur le terrain. Les procédures suivantes doivent être suivies, sauf indication contraire dans une spécification correspondante.

### **5.5.3 Répétabilité des essais sur une liaison de référence**

Le propriétaire de l'appareil de contrôle sur le terrain doit construire une liaison de référence. Des mesures répétées sur cette liaison doivent donner les mêmes résultats dans les limites de l'amplitude des spécifications concernant la précision. Des comparaisons doivent être faites pour les résultats les plus défavorables sur la bande de fréquence.

### **5.5.4 Répétabilité des essais par des essais sur la même liaison dans des sens opposés**

Toute liaison peut être mesurée d'abord en connectant l'appareil de contrôle principal à une extrémité du câblage et l'appareil de contrôle à distance à l'autre extrémité du câblage. Après avoir effectué un essai, les emplacements de l'appareil de contrôle principal et de l'appareil à distance sont interchangés.

Toutes les amplitudes les plus défavorables doivent rester les mêmes dans les limites du double de la spécification concernant la précision de la fonction d'essai, sauf pour les mesures de perte par paradiaphonie et de perte par réflexion. Pour la perte par paradiaphonie et la perte par réflexion, les résultats de perte par paradiaphonie et de perte par réflexion obtenus sur place pendant le premier essai doivent être comparés aux résultats de perte par paradiaphonie et de perte par réflexion à distance obtenus pendant le deuxième essai.

**Table 2** (continued)

| Function                  | Measured from local end or remote end<br>(if measurements from both directions<br>are not required)                  | Measured from remote end<br>(if measurement from remote end<br>is required) |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| <b>Propagation delay</b>  | Worst case propagation delay<br>(1 of 4 possible)<br><br>Test limit at worst case propagation delay<br><br>Pass/fail |                                                                             |
| <b>Delay skew</b>         | Worst case delay skew<br>(1 of 1 possible)<br><br>Test limit of delay skew<br><br>Pass/fail                          |                                                                             |
| <b>DC loop resistance</b> | Worst case d.c. loop resistance<br>(1 of 4 possible)<br><br>Test limit of d.c. loop resistance<br><br>Pass/fail      |                                                                             |

## 5.5 Field measurement procedures

### 5.5.1 General

All appropriate parameters as specified in ISO/IEC 11801 (or equivalent) shall be tested.

### 5.5.2 Consistency checks for field testers

The field test equipment manufacturer shall make available to the user a simple procedure for verifying, reporting and recording the consistency of the field test in the field. The following procedures shall be followed, unless stated otherwise in a relevant specification.

### 5.5.3 Repeatability of tests on a reference link

The owner of the field test equipment shall construct a reference link. Repeated measurements on this link shall give the same results within the magnitude of the accuracy specifications. Comparisons shall be made between the worst results across the frequency band.

### 5.5.4 Repeatability of tests by testing the same link in opposite directions

Any link can be measured at first by connecting the main field test unit to one end of the cabling and the remote field test unit to the other end of the cabling. After performing a test, the locations of the main field test unit and remote field test unit are exchanged.

All worst case magnitudes shall remain the same within twice the accuracy specification of the test function, except for NEXT loss and return loss measurements. For NEXT loss and return loss, the local NEXT loss and return loss results obtained during the first test shall be compared to the remote NEXT loss and return loss results obtained during the second test.

De même, les résultats de perte par paradiaphonie et de perte par réflexion à distance obtenus pendant le premier essai doivent être comparés aux résultats de perte par paradiaphonie et de perte par réflexion sur place obtenus pendant le deuxième essai. Ces résultats ne doivent pas différer de plus du double des spécifications correspondantes concernant la précision.

### 5.5.5 Administration

En plus des indications accepté/refusé, les valeurs mesurées du paramètre en essai doivent être enregistrées dans le système d'administration.

Toute nouvelle configuration des composants de câblage après les essais peut changer la performance et donc invalider les résultats des essais précédents. Ce câblage doit subir de nouveaux essais pour confirmer sa conformité.

### 5.5.6 Connecteurs et cordons des matériels d'essai

Les cordons d'adaptateur qui sont qualifiés et déterminés par le fabricant des matériels d'essai comme convenant pour les mesures de la liaison permanente et de la voie doivent être utilisés pour relier l'appareil de contrôle sur le terrain à la liaison permanente ou à la voie en cours d'examen. Les cordons d'essai doivent être composés de câbles au moins conformes à la catégorie du câblage en essai.

Le matériel de connexion a un cycle de vie limité et son état d'usure doit être examiné périodiquement.

Le fabricant des appareils de contrôle sur le terrain doit fournir des informations sur le cycle de vie de ces connecteurs.

### 5.5.7 Cordons d'utilisateur

Les cordons d'utilisateur sont les cordons des matériels, les cordons ou les cavaliers qui sont inclus comme composants de la voie. Les cordons d'utilisateur doivent être testés en place dans une voie. Un cordon d'utilisateur peut être vérifié en l'insérant dans la voie en essai. Si la voie est conforme aux prescriptions de transmission, le cordon d'utilisateur peut être approuvé pour être utilisé dans cette voie uniquement. L'orientation des cordons d'utilisateur ne doit pas être inversée.

## 6 Prescriptions concernant la précision des mesures des appareils de contrôle sur le terrain

### 6.1 Généralités

La précision est la différence entre la valeur mesurée consignée par l'appareil de contrôle sur le terrain et la valeur réelle. La précision est fonction des caractéristiques de l'appareil de contrôle sur le terrain ainsi que des caractéristiques de transmission du câblage. Des niveaux minimaux de performance ont été identifiés pour les appareils de contrôle sur le terrain de niveau IIE. Chaque niveau de précision a son propre ensemble de prescriptions de performance qui sont décrites dans le présent article.

Des modèles d'erreur pour chacune des mesures donnent des estimations pour la précision des mesures de chaque paramètre qui doit être mesuré. Les modèles d'erreur utilisent les paramètres de performance les plus importants qui sont censés avoir une influence sur la précision des mesures. Cependant, il peut y avoir des sources supplémentaires d'erreur de mesure qui ne sont pas reflétées dans ce modèle d'erreur, et qui dépendent de l'intégration du circuit de mesure dans l'appareil de contrôle sur le terrain. En outre, il y a de nombreuses hypothèses qui ne peuvent pas toujours être réalisées.

Similarly, the remote NEXT loss and return loss results obtained during the first test shall be compared to the local NEXT loss and return loss results during the second test. These results shall not differ by more than twice the relevant accuracy specifications.

### 5.5.5 Administration

In addition to pass/fail indications, the measured values of the test parameter shall be recorded in the administration system.

Any reconfiguration of cabling components after testing may change the performance and thereby invalidate previous test results. Such cabling shall require retesting to confirm conformance.

### 5.5.6 Test equipment connectors and cords

Adapter cords that are qualified and determined by the test equipment manufacturer to be suitable for permanent link and channel measurements shall be used to attach the field test equipment to the permanent link or channel under consideration. Test cords shall be composed of cable conforming to the category of the cabling under test or better.

Connecting hardware has a limited life cycle and shall be inspected periodically for wear.

The field test equipment manufacturer shall provide information on the life cycle of these connectors.

### 5.5.7 User cords

User cords are equipment cords, patch cords or jumpers which are included as part of the channel. User cords shall be tested in place in a channel. A user cord may be verified by inserting the cord in the channel under test. If the channel conforms to the transmission requirements, the user cord may be approved for use in that channel only. The orientation of the user cords shall not be reversed.

## 6 Field tester measurement accuracy requirements

### 6.1 General

Accuracy is the difference between the measured value reported by the field test equipment and the actual value. Accuracy is a function of the characteristics of the field test equipment as well as the transmission characteristics of the cabling. Minimum performance levels have been identified for level IIE field test equipment. Each accuracy level has its own set of performance requirements which are described in this clause.

Error models for each of the measurements provide estimates for the measurement accuracy for each parameter to be measured. The error models use the most important performance parameters that are expected to influence measurement accuracy. However, there may be additional sources of measurement error which are not reflected in this error model, depending on the incorporation of the measurement circuitry in the field tester. Furthermore, there are numerous assumptions which may not always be achieved.

Outre les prescriptions de performance pour les propriétés des appareils de contrôle sur le terrain, des méthodes de comparaison des résultats obtenus par ces appareils avec ceux obtenus par les méthodes de laboratoire sont spécifiées. Les méthodes de laboratoire sont décrites à l'article 4. L'écart entre les deux résultats ne doit pas être supérieur à la somme totale de la précision estimée des mesures de l'appareil de contrôle sur le terrain et de la précision estimée des mesures du système de mesure du laboratoire.

La précision estimée des mesures à la limite d'essai accepté/refusé à 100 MHz pour chaque paramètre peut être déduite des informations contenues dans le présent article et des limites d'essai données dans l'ISO/CEI 11801 (ou équivalent).

**Tableau 3 – Précision estimée des mesures à la limite accepté/refusé d'une voie pour des instruments d'essai de niveau IIE**

| Paramètre d'essai                          | Précision de la ligne de base | Précision avec adaptateur d'essai |
|--------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| Atténuation, toutes configurations d'essai | 1,3 dB                        | 1,9 dB                            |
| Perte par NEXT paire à paire               | 1,8 dB                        | 3,6 dB                            |
| Perte par NEXT, somme des puissances       | 1,8 dB                        | 3,9 dB                            |
| Perte par ELFEXT paire à paire             | 2,4 dB                        | 4,4 dB                            |
| Perte par ELFEXT, somme des puissances     | 2,5 dB                        | 4,7 dB                            |
| Perte par réflexion                        | 1,7 dB                        | 2,7 dB                            |
| Temps de propagation                       | 25 ns                         | 25 ns                             |
| Biais temporel                             | 10 ns                         | 10 ns                             |
| Longueur                                   | 5 m                           | 5 m                               |
| Résistance en courant continu              | 1,4 $\Omega$                  | 1,4 $\Omega$                      |

Lorsque l'atténuation mesurée est inférieure à 3 dB, les limites accepté/refusé pour l'atténuation et la perte par réflexion ne doivent pas s'appliquer en raison des terminaisons réactives des symétriseurs d'antennes utilisées dans les instruments d'essai.

NOTE 1 Une précision de mesure de 2,7 dB de la perte par réflexion pour la liaison permanente est l'objectif, mais elle n'est pas requise à ce stade. Le principal défi pour atteindre la précision ciblée est d'obtenir des matériaux pour cordons ayant une perte par réflexion contrôlée.

NOTE 2 Une performance et des mesures pour des limites plus serrées que celles indiquées au tableau 3 ne sont pas exigées.

## 6.2 Spécifications concernant la précision des mesures pour les appareils de contrôle sur le terrain de niveau IIE

Les appareils de contrôle sur le terrain de niveau IIE doivent être conformes à toutes les prescriptions individuelles pour chacune des fonctions de mesure. La précision de chaque mesure est spécifiée comme étant la précision de la ligne de base de l'appareil de contrôle sur le terrain plus les erreurs introduites par les cordons d'essai et les adaptateurs. Une illustration des bandes d'incertitude applicables aux mesures de la paradiaphonie est donnée à la figure 11. La courbe de la limite d'essai est indiquée dans le milieu. Les courbes autour de la courbe de la limite d'essai représentent l'erreur de mesure possible due à la précision de la ligne de base. Les courbes extérieures représentent l'erreur de mesure totale due à la précision de la ligne de base plus aux erreurs provenant du cordon d'essai ou de l'adaptateur.

In addition to performance requirements for the properties of field testers, methods to compare the results obtained by field test equipment with those using laboratory methods are specified. Laboratory methods are described in clause 4. The deviation of the two results shall be no more than the total sum of the estimated measurement accuracy of the field test equipment and estimated measurement accuracy of the laboratory measurement system.

The following estimated measurement accuracy at the channel pass/fail test limit at 100 MHz for each parameter can be derived from the information in this clause and from the test limits in ISO/IEC 11801 (or equivalent).

**Table 3 – Estimated measurement accuracy at the channel pass/fail limit  
for level IIE test instruments**

| Test parameter                       | Baseline accuracy | Accuracy with test adapter |
|--------------------------------------|-------------------|----------------------------|
| Attenuation, all test configurations | 1,3 dB            | 1,9 dB                     |
| Pair-to-pair NEXT loss               | 1,8 dB            | 3,6 dB                     |
| Power sum NEXT loss                  | 1,8 dB            | 3,9 dB                     |
| Pair-to-pair ELFEXT loss             | 2,4 dB            | 4,4 dB                     |
| Power sum ELFEXT loss                | 2,5 dB            | 4,7 dB                     |
| Return loss                          | 1,7 dB            | 2,7 dB                     |
| Propagation delay                    | 25 ns             | 25 ns                      |
| Delay skew                           | 10 ns             | 10 ns                      |
| Length                               | 5 m               | 5 m                        |
| DC resistance                        | 1,4 $\Omega$      | 1,4 $\Omega$               |

In cases where the measured attenuation is less than 3 dB, the pass/fail limits for attenuation and return loss shall not apply due to reactive balun terminations used in the test instruments.

NOTE 1 The 2,7 dB return loss measurement accuracy for the permanent link is the goal, but is not required at this time. The primary challenge to achieving the target accuracy is in obtaining patch cord materials of controlled return loss.

NOTE 2 Performance and measurements for tighter limits than shown in table 3 are not required.

## 6.2 Measurement accuracy specification for level IIE field testers

Level IIE field test equipment shall conform to all individual requirements for each of the measurement functions. The accuracy of each measurement is specified as the baseline accuracy of the field test equipment plus the errors introduced by test cords and adapters. A depiction of uncertainty bands applicable to NEXT measurements is shown in figure 11. The test limit curve is shown in the centre. The curves around the test limit curve represent the possible measurement error due to baseline accuracy. The outside curves represent the total measurement error due to baseline accuracy plus errors from the test cordage or adapter.

**Tableau 4 – Prescriptions minimales pour les paramètres de précision des mesures pour les appareils de contrôle sur le terrain de niveau IIE pour la configuration de la ligne de base**

| Paramètre                             | Atténuation                                    | NEXT<br>SP NEXT                                            | ELFEXT<br>SP ELFEXT                                | Perte par réflexion                                                                        |
|---------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gamme d'amplitudes                    | 0 dB à 30 dB                                   | 3 dB au-delà de la limite d'essai <sup>1),2)</sup>         | 3 dB au-delà de la limite d'essai <sup>1),2)</sup> | 0 dB à 25 dB                                                                               |
| Définition en amplitude               | 0,1 dB                                         |                                                            |                                                    |                                                                                            |
| Gamme de fréquences                   | 1 MHz à 100 MHz                                |                                                            |                                                    |                                                                                            |
| Définition en fréquence               | 1 MHz                                          | 150 kHz, 1 MHz à 31,25 MHz<br>250 kHz, 31,25 MHz à 100 MHz |                                                    |                                                                                            |
| Précision dynamique                   | $\pm 0,75$ dB <sup>3)</sup>                    |                                                            | $\pm 1$ dB <sup>3),4)</sup>                        |                                                                                            |
| Perte par réflexion source/charge     | 1 MHz à 5 MHz: 15 dB<br>5 MHz à 100 MHz: 20 dB |                                                            |                                                    |                                                                                            |
| Seuil de bruit aléatoire              | 65 – 15 log( $f/100$ ) dB, 80 dB max.          |                                                            |                                                    |                                                                                            |
| Paradiaphonie résiduelle              |                                                | 60 – 20 log( $f/100$ ) dB <sup>5)</sup>                    |                                                    |                                                                                            |
| Télédiaphonie résiduelle              |                                                |                                                            | 55 – 20 log( $f/100$ ) dB <sup>5)</sup>            |                                                                                            |
| Equilibre du signal de sortie         |                                                | 37 – 15 log( $f/100$ ) dB <sup>6)</sup>                    |                                                    |                                                                                            |
| Réjection en mode commun              |                                                | 37 – 15 log( $f/100$ ) dB <sup>6)</sup>                    |                                                    |                                                                                            |
| Suivi                                 |                                                |                                                            |                                                    | $\pm 0,25$ dB <sup>7)</sup>                                                                |
| Directivité                           |                                                |                                                            |                                                    | 1 MHz à 10 MHz:<br>30 dB<br><br>10 MHz à 100 MHz:<br>30 – 2 log( $f/10$ ) dB <sup>7)</sup> |
| Adaptation de la source               |                                                |                                                            |                                                    | 20 dB <sup>7)</sup>                                                                        |
| Perte par réflexion de la terminaison |                                                |                                                            |                                                    | 1 MHz à 5 MHz:<br>23 dB<br><br>5 MHz à 100 MHz:<br>$35 - 1,5 \sqrt{f}$ <sup>7)</sup>       |

<sup>1)</sup> La gamme dynamique pour NEXT et FEXT est de 63 dB minimum.

<sup>2)</sup> La gamme dynamique pour NEXT et FEXT SP est de 63 dB minimum.

<sup>3)</sup> Les prescriptions sur la précision dynamique doivent être soumises à essai jusqu'à la gamme dynamique spécifiée pour la paradiaphonie et la télédiaphonie.

<sup>4)</sup> La précision dynamique pour la télédiaphonie de niveau égal suppose une prescription de gamme dynamique de  $\pm 0,75$  dB pour la télédiaphonie, qui doit être testée, et cette performance de la gamme dynamique pour l'atténuation et pour la télédiaphonie s'ajoute à la prescription ELFEXT indiquée.

<sup>5)</sup> La vérification de la paradiaphonie et de la télédiaphonie résiduelles se fait jusqu'à 75 dB maximum. Il est supposé que la réponse en fréquence change à un taux de 20 dB/dizaine.

<sup>6)</sup> La vérification de l'équilibre du signal de sortie et de la réjection en mode commun se fait jusqu'à 60 dB maximum.

<sup>7)</sup> Entre 1 MHz et 5 MHz, la précision calculée globale doit être supérieure à 3,8 dB. Cette valeur peut être obtenue par n'importe quelle combinaison de suivi, directivité, adaptation de la source et perte par réflexion de la terminaison.

<sup>8)</sup> Entre 1 MHz et 5 MHz, la précision calculée globale doit être supérieure à 4,8 dB. Cette valeur peut être obtenue par n'importe quelle combinaison de suivi, directivité, adaptation de la source et perte par réflexion de la terminaison.

<sup>9)</sup> La précision de mesure de 2,7 dB de la perte par réflexion pour la liaison permanente est l'objectif, mais elle n'est pas requise à ce stade. Le principal défi pour atteindre la précision ciblée est d'obtenir des matériaux pour cordons ayant une perte par réflexion contrôlée.

**Table 4 – Minimum requirements for measurement accuracy parameters  
for level IIE field test equipment for baseline configuration**

| Parameter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Attenuation                                      | NEXT<br>PS NEXT                                              | ELFEXT<br>PS ELFEXT                         | Return loss                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Amplitude range                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0 dB to 30 dB                                    | 3 dB over<br>test limit <sup>1),2)</sup>                     | 3 dB over<br>test limit <sup>1),2)</sup>    | 0 dB to 25 dB                                                                                 |
| Amplitude resolution                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0,1 dB                                           |                                                              |                                             |                                                                                               |
| Frequency range                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1 MHz to 100 MHz                                 |                                                              |                                             |                                                                                               |
| Frequency resolution                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1 MHz                                            | 150 kHz, 1 MHz to 31,25 MHz<br>250 kHz, 31,25 MHz to 100 MHz |                                             |                                                                                               |
| Dynamic accuracy                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | $\pm 0,75$ dB <sup>3)</sup>                      |                                                              | $\pm 1$ dB <sup>3),4)</sup>                 |                                                                                               |
| Source/load return loss                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1 MHz to 5 MHz: 15 dB<br>5 MHz to 100 MHz: 20 dB |                                                              |                                             |                                                                                               |
| Random noise floor                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 65 – 15 log( $f/100$ ) dB, 80 dB max.            |                                                              |                                             |                                                                                               |
| Residual NEXT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                  | 60 – 20 log<br>( $f/100$ ) dB <sup>5)</sup>                  |                                             |                                                                                               |
| Residual FEXT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                  |                                                              | 55 – 20 log<br>( $f/100$ ) dB <sup>5)</sup> |                                                                                               |
| Output signal balance                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                  | 37 – 15 log ( $f/100$ ) dB <sup>6)</sup>                     |                                             |                                                                                               |
| Common mode rejection                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                  | 37 – 15 log ( $f/100$ ) dB <sup>6)</sup>                     |                                             |                                                                                               |
| Tracking                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                  |                                                              |                                             | $\pm 0,25$ dB <sup>7)</sup>                                                                   |
| Directivity                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                  |                                                              |                                             | 1 MHz to 10 MHz:<br>30 dB<br><br>10 MHz to 100 MHz:<br>30 – 2 log ( $f/10$ ) dB <sup>7)</sup> |
| Source match                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                  |                                                              |                                             | 20 dB <sup>7)</sup>                                                                           |
| Termination return loss                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                  |                                                              |                                             | 1 MHz to 5 MHz:<br>23 dB<br><br>5 MHz to 100 MHz:<br>$35 - 1,5 \sqrt{f}$ <sup>7)</sup>        |
| <sup>1)</sup> The dynamic range for NEXT and FEXT is 63 dB minimum.<br><sup>2)</sup> The dynamic range for PS NEXT and PS FEXT is 63 dB minimum.<br><sup>3)</sup> Dynamic accuracy requirements shall be tested up to the specified dynamic range for NEXT and FEXT.<br><sup>4)</sup> Dynamic accuracy ELFEXT assumes a dynamic range requirement of $\pm 0,75$ dB for FEXT, which shall be tested, and that dynamic range performance for attenuation and FEXT adds to the ELFEXT requirement shown.<br><sup>5)</sup> The verification of residual NEXT and FEXT is up to 75 dB maximum. It is assumed that the frequency response changes at a rate of 20 dB/decade.<br><sup>6)</sup> The verification of output signal balance and common mode rejection is up to 60 dB maximum.<br><sup>7)</sup> Between 1 MHz and 5 MHz, the overall computed accuracy shall be better than 3,8 dB. This value may be achieved through any combination of tracking, directivity, source match and return loss of termination.<br><sup>8)</sup> Between 1 MHz and 5 MHz, the overall computed accuracy shall be better than 4,8 dB. This value may be achieved through any combination of tracking, directivity, source match and return loss of termination.<br><sup>9)</sup> The 2,7 dB return loss measurement accuracy for the permanent link is the goal, but is not required at this time. The primary challenge to achieving the target accuracy is in obtaining patch cord materials of controlled return loss. |                                                  |                                                              |                                             |                                                                                               |

**Table 5 – Prescriptions minimales pour les paramètres de mesure pour les appareils de contrôle sur le terrain de niveau IIE avec adaptateur d'essai**

| Paramètre                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Atténuation                           | NEXT<br>SP NEXT                                            | ELFEXT<br>SP ELFEXT                                | Perte par réflexion                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gamme d'amplitudes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0 dB à 30 dB                          | 3 dB au-delà de la limite d'essai <sup>1),2)</sup>         | 3 dB au-delà de la limite d'essai <sup>1),2)</sup> | 0 dB à 25 dB                                                                                                |
| Définition en amplitude                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0,1 dB                                |                                                            |                                                    |                                                                                                             |
| Gamme de fréquences                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1 MHz à 100 MHz                       |                                                            |                                                    |                                                                                                             |
| Définition en fréquence                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1 MHz                                 | 150 kHz, 1 MHz à 31,25 MHz<br>250 kHz, 31,25 MHz à 100 MHz |                                                    |                                                                                                             |
| Précision dynamique                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | $\pm 0,75$ dB <sup>3)</sup>           |                                                            | $\pm 1$ dB <sup>3),4)</sup>                        |                                                                                                             |
| Perte par réflexion source/charge                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 15 dB                                 |                                                            |                                                    |                                                                                                             |
| Seuil de bruit aléatoire                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 65 – 15 log( $f/100$ ) dB, 80 dB max. |                                                            |                                                    |                                                                                                             |
| Paradiaphonie résiduelle                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                       | 43 – 20 log( $f/100$ ) dB <sup>5)</sup>                    |                                                    |                                                                                                             |
| Télédiaphonie résiduelle                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                       |                                                            | 35 – 20 log( $f/100$ ) dB <sup>5)</sup>            |                                                                                                             |
| Equilibre du signal de sortie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                       | 34 – 15 log( $f/100$ ) dB <sup>6)</sup>                    |                                                    |                                                                                                             |
| Réjection en mode commun                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                       | 34 – 15 log( $f/100$ ) dB <sup>6)</sup>                    |                                                    |                                                                                                             |
| Suivi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                       |                                                            |                                                    | $\pm 0,5$ dB <sup>9)</sup>                                                                                  |
| Directivité                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                       |                                                            |                                                    | 25 dB <sup>8),9)</sup>                                                                                      |
| Adaptation de la source                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                       |                                                            |                                                    | 18 – 20 log( $f/100$ ) dB<br>20 dB max. <sup>8),9)</sup>                                                    |
| Perte par réflexion de la terminaison                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                       |                                                            |                                                    | 1 MHz à 5 MHz:<br>22 dB<br><br>5 MHz à 100 MHz:<br>15 – 20 log( $f/100$ ) dB,<br>25 dB max <sup>8),9)</sup> |
| <p><sup>1)</sup> La gamme dynamique pour NEXT et FEXT est de 63 dB minimum.</p> <p><sup>2)</sup> La gamme dynamique pour SP NEXT et SP FEXT est de 63 dB minimum.</p> <p><sup>3)</sup> Les prescriptions sur la précision dynamique doivent être soumises à essai jusqu'à la gamme dynamique spécifiée pour la paradiaphonie et la télédiaphonie.</p> <p><sup>4)</sup> La précision dynamique pour la télédiaphonie de niveau égal suppose une prescription de gamme dynamique de <math>\pm 0,75</math> dB pour la télédiaphonie, qui doit être testée, et cette performance de la gamme dynamique pour l'atténuation et pour la télédiaphonie s'ajoute à la prescription ELFEXT indiquée.</p> <p><sup>5)</sup> La vérification de la paradiaphonie et de la télédiaphonie résiduelles se fait jusqu'à 75 dB maximum. Il est supposé que la réponse en fréquence change à un taux de 20 dB/dizaine.</p> <p><sup>6)</sup> La vérification de l'équilibre du signal de sortie et de la réjection en mode commun se fait jusqu'à 60 dB maximum.</p> <p><sup>7)</sup> Entre 1 MHz et 5 MHz, la précision calculée globale doit être supérieure à 3,8 dB. Cette valeur peut être obtenue par n'importe quelle combinaison de suivi, directivité, adaptation de la source et perte par réflexion de la terminaison.</p> <p><sup>8)</sup> Entre 1 MHz et 5 MHz, la précision calculée globale doit être supérieure à 4,8 dB. Cette valeur peut être obtenue par n'importe quelle combinaison de suivi, directivité, adaptation de la source et perte par réflexion de la terminaison.</p> <p><sup>9)</sup> La précision de mesure de 2,7 dB de la perte par réflexion pour la liaison permanente est l'objectif, mais elle n'est pas requise à ce stade. Le principal défi pour atteindre la précision ciblée est d'obtenir des matériaux pour cordons ayant une perte par réflexion contrôlée.</p> |                                       |                                                            |                                                    |                                                                                                             |

**Table 5 – Minimum requirements for measurement accuracy parameters  
for level IIE field test equipment with test adapter**

| Parameter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Attenuation                        | NEXT<br>PS NEXT                                              | ELFEXT<br>PS ELFEXT                      | Return loss                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Amplitude range                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 0 dB to 30 dB                      | 3 dB over<br>test limit <sup>1),2)</sup>                     | 3 dB over<br>test limit <sup>1),2)</sup> | 0 dB to 25 dB                                                                                              |
| Amplitude resolution                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 0,1 dB                             |                                                              |                                          |                                                                                                            |
| Frequency range                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 1 MHz to 100 MHz                   |                                                              |                                          |                                                                                                            |
| Frequency resolution                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1 MHz                              | 150 kHz, 1 MHz to 31,25 MHz<br>250 kHz, 31,25 MHz to 100 MHz |                                          |                                                                                                            |
| Dynamic accuracy                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | $\pm 0,75$ dB <sup>3)</sup>        |                                                              | $\pm 1$ dB <sup>3),4)</sup>              |                                                                                                            |
| Source/load return loss                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 15 dB                              |                                                              |                                          |                                                                                                            |
| Random noise floor                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 65 – 15 log (f/100) dB, 80 dB max. |                                                              |                                          |                                                                                                            |
| Residual NEXT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                    | 43 – 20 log<br>(f/100) dB <sup>5)</sup>                      |                                          |                                                                                                            |
| Residual FEXT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                    |                                                              | 35 – 20 log<br>(f/100) dB <sup>5)</sup>  |                                                                                                            |
| Output signal balance                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                    | 34 – 15 log (f/100) dB <sup>6)</sup>                         |                                          |                                                                                                            |
| Common mode rejection                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                    | 34 – 15 log (f/100) dB <sup>6)</sup>                         |                                          |                                                                                                            |
| Tracking                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                    |                                                              |                                          | $\pm 0,5$ dB <sup>9)</sup>                                                                                 |
| Directivity                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                    |                                                              |                                          | 25 dB <sup>8),9)</sup>                                                                                     |
| Source match                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                    |                                                              |                                          | 18 – 20 log (f/100) dB:<br>20 dB max. <sup>8),9)</sup>                                                     |
| Termination return loss                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                    |                                                              |                                          | 1 MHz to 5 MHz:<br>22 dB<br><br>5 MHz to 100 MHz:<br>15 – 20 log (f/100) dB<br>25 dB max. <sup>8),9)</sup> |
| <p><sup>1)</sup> The dynamic range for NEXT and FEXT is 63 dB minimum.</p> <p><sup>2)</sup> The dynamic range for PS NEXT and PS FEXT is 63 dB minimum.</p> <p><sup>3)</sup> Dynamic accuracy requirements shall be tested up to the specified dynamic range for NEXT and FEXT.</p> <p><sup>4)</sup> Dynamic accuracy ELFEXT assumes a dynamic range requirement of <math>\pm 0,75</math> dB for FEXT, which shall be tested, and that dynamic range performance for attenuation and FEXT adds to the ELFEXT requirement shown.</p> <p><sup>5)</sup> The verification of residual NEXT and FEXT is up to 75 dB maximum. It is assumed that the frequency response changes at a rate of 20 dB/decade.</p> <p><sup>6)</sup> The verification of output signal balance and common mode rejection is up to 60 dB maximum.</p> <p><sup>7)</sup> Between 1 MHz and 5 MHz, the overall computed accuracy shall be better than 3,8 dB. This value may be achieved through any combination of tracking, directivity, source match and return loss of termination.</p> <p><sup>8)</sup> Between 1 MHz and 5 MHz, the overall computed accuracy shall be better than 4,8 dB. This value may be achieved through any combination of tracking, directivity, source match and return loss of termination.</p> <p><sup>9)</sup> The 2,7 dB return loss measurement accuracy for the permanent link is the goal, but is not required at this time. The primary challenge to achieving the target accuracy is in obtaining patch cord materials of controlled return loss.</p> |                                    |                                                              |                                          |                                                                                                            |

### 6.2.1 Prescriptions pour les appareils de contrôle sur le terrain pour le temps de propagation

**Tableau 6 – Prescriptions de performance pour le temps de propagation**

| Paramètre de performance                                   | Prescription                   |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Gamme de mesures du temps de propagation                   | 0 $\mu$ s à 1 $\mu$ s à 10 MHz |
| Définition du temps de propagation                         | 1 ns                           |
| Terme d'erreur constante, temps de propagation             | 5 ns                           |
| Constante d'erreur proportionnelle au temps de propagation | 4 %                            |

### 6.2.2 Prescriptions pour les appareils de contrôle sur le terrain pour le biais temporel

**Tableau 7 – Prescriptions de performance pour la mesure du biais temporel**

| Paramètre de performance                 | Prescription           |
|------------------------------------------|------------------------|
| Gamme de mesures du biais temporel       | 0 ns à 100 ns à 10 MHz |
| Définition du biais temporel             | 1 ns                   |
| Terme d'erreur constante, biais temporel | 10 ns                  |

### 6.2.3 Prescriptions pour les appareils de contrôle sur le terrain pour la longueur

**Tableau 8 – Prescriptions de performance pour la mesure de la longueur**

| Paramètre de performance                         | Prescription      |
|--------------------------------------------------|-------------------|
| Gamme de mesures de la longueur                  | 0 m à 305 m       |
| Définition de la longueur                        | 0,1 m             |
| Terme d'erreur constante, longueur               | 1 m jusqu'à 100 m |
| Constante d'erreur proportionnelle à la longueur | 4 % jusqu'à 100 m |

### 6.2.4 Prescriptions pour les appareils de contrôle sur le terrain pour la résistance en courant continu

**Tableau 9 – Prescriptions de performance pour la résistance en courant continu**

| Paramètre de performance                                              | Prescriptions             |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Gamme de mesures de la résistance en boucle en courant continu        | 0 $\Omega$ à 100 $\Omega$ |
| Définition                                                            | 1 $\Omega$                |
| Terme d'erreur constante                                              | 1 $\Omega$                |
| Constante d'erreur proportionnelle à la résistance en courant continu | 1 %                       |

### 6.2.1 Field test equipment requirements for propagation delay

**Table 6 – Performance requirements for propagation delay**

| Performance parameter                            | Requirement                      |
|--------------------------------------------------|----------------------------------|
| Propagation delay measurement range              | 0 $\mu$ s to 1 $\mu$ s at 10 MHz |
| Propagation delay resolution                     | 1 ns                             |
| Constant error term, propagation delay           | 5 ns                             |
| Error constant proportional to propagation delay | 4 %                              |

### 6.2.2 Field test equipment requirements for delay skew

**Table 7 – Performance requirements for delay skew measurement**

| Performance parameter           | Requirement              |
|---------------------------------|--------------------------|
| Delay skew measurement range    | 0 ns to 100 ns at 10 MHz |
| Delay skew resolution           | 1 ns                     |
| Constant error term, delay skew | 10 ns                    |

### 6.2.3 Field test equipment requirements for length

**Table 8 – Performance requirements for length measurement**

| Performance parameter                 | Requirement     |
|---------------------------------------|-----------------|
| Length measurement range              | 0 m to 305 m    |
| Length resolution                     | 0,1 m           |
| Constant error term, length           | 1 m up to 100 m |
| Error constant proportional to length | 4 % up to 100 m |

### 6.2.4 Field test equipment requirements for loop d.c. resistance

**Table 9 – Performance requirements for d.c. resistance**

| Performance parameter                          | Requirement                |
|------------------------------------------------|----------------------------|
| Loop d.c. resistance measurement range         | 0 $\Omega$ to 100 $\Omega$ |
| Resolution                                     | 1 $\Omega$                 |
| Constant error term                            | 1 $\Omega$                 |
| Error constant proportional to d.c. resistance | 1 %                        |

## 6.3 Procédures pour déterminer les paramètres des appareils de contrôle sur le terrain

### 6.3.1 Généralités

Un appareil de contrôle sur le terrain est généralement conçu avec deux unités qui sont fixées aux extrémités opposées du câblage en essai. A l'intérieur de ces unités se trouvent des accès source et charge qui sont utilisés pour les mesures. Les mesures suivantes doivent être utilisées pour déterminer la conformité aux prescriptions spécifiées, et elles doivent s'appliquer à toute la gamme de fréquences spécifiée dans les tableaux.

Les paramètres des appareils de contrôle sur le terrain doivent être vérifiables par des parties indépendantes. L'appareil de contrôle sur le terrain doit inclure une fonction permettant une vérification indépendante. Les fabricants des appareils de contrôle sur le terrain doivent mettre ces appareils à la disposition des parties indépendantes pour faire les mesures. Des instruments de mesure de laboratoire très perfectionnés peuvent être nécessaires pour effectuer ces essais.

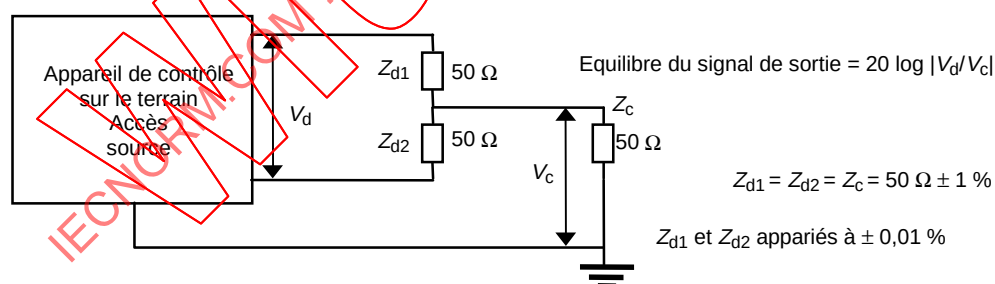
Sauf indication contraire, les procédures pour déterminer les paramètres des appareils de contrôle sur le terrain s'appliquent à tous les niveaux de ces appareils.

### 6.3.2 Equilibre du signal de sortie (OSB)

Cette prescription de performance s'applique aux

- mesures de la perte par paradiaphonie paire à paire et de la perte par paradiaphonie de la somme des puissances;
- mesures de la perte par télédiaphonie paire à paire et de la perte par télédiaphonie de la somme des puissances.

L'instrument de contrôle sur le terrain doit être connecté à la masse pour mesurer d'aussi près que possible l'accès à mesurer, ce qui doit assurer une trajectoire à faible impédance à la masse de l'instrument de contrôle sur toute la gamme de fréquences spécifiée. L'essai de conformité de l'équilibre du signal de sortie doit être effectué sans et avec inversion de polarité. Si l'une des polarités donne un résultat accepté et l'autre polarité un résultat refusé, la valeur moyenne doit être utilisée pour déterminer la conformité aux prescriptions.



IEC 1039/2000

Figure 12 – Schéma fonctionnel de mesure de l'équilibre du signal de sortie

### 6.3.3 Réjection en mode commun (CMR)

Cette prescription de performance s'applique aux

- mesures de perte par paradiaphonie paire à paire et de perte par paradiaphonie de la somme des puissances;
- mesures de perte par télédiaphonie paire à paire et de perte par télédiaphonie de la somme des puissances.

### 6.3 Procedures for determining field tester parameters

#### 6.3.1 General

Field test equipment is typically designed with two units that are attached to the opposite ends of the cabling to be tested. Internal to these units are the source and load ports that are used for measurements. The following measurements shall be used to determine compliance with the specified requirements, and shall apply to the entire frequency range specified in the tables.

The field test equipment parameters shall be verifiable by independent parties. The field test equipment shall include functionality to make independent verification possible. The field tester manufacturers shall make the equipment available to independent parties for measurement purposes. Elaborate laboratory instrumentation may be required to perform these tests.

Unless indicated otherwise, the procedures to determine field test parameters apply to all levels of field test equipment.

#### 6.3.2 Output signal balance (OSB)

This performance requirement is applicable to

- pair-to-pair and power sum NEXT loss measurements;
- pair-to-pair and power sum FEXT loss measurements.

The field test instrument shall be connected to ground for the measurement to be as near as possible to the port to be measured. This shall provide a low impedance path to the instrument ground of the field test instrument over the specified frequency range. The OSB compliance test shall be conducted without and with a polarity reversal. If there is a pass condition with one polarity and a failure with the other polarity, the average value shall be used to determine compliance with the requirements.

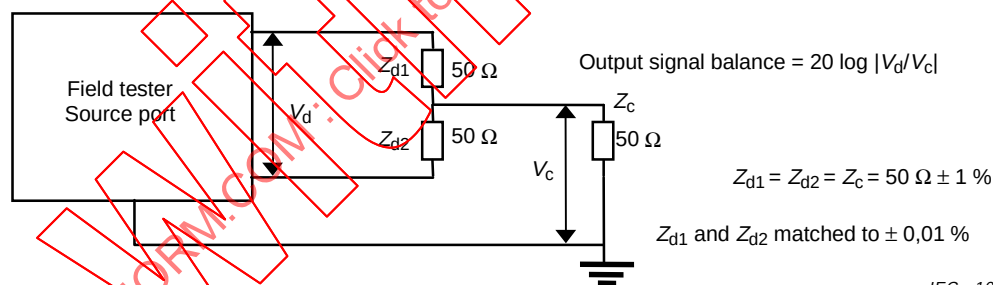


Figure 12 – Block diagram for measuring output signal balance

#### 6.3.3 Common mode rejection (CMR)

This performance requirement is applicable to

- pair-to-pair and power sum NEXT loss measurements;
- pair-to-pair and power sum FEXT loss measurements.

La réjection en mode commun se définit comme le rapport de la tension différentielle mesurée à une tension de mode commun appliquée à l'accès de charge. ( $V_c/V_m$  est utilisé pour rendre la valeur positive par convention.) L'instrument de contrôle sur le terrain doit être connecté à la masse pour mesurer d'aussi près que possible l'accès à mesurer. Cette connexion doit assurer une trajectoire à faible impédance à la masse du signal de l'instrument de contrôle sur toute la gamme de fréquences spécifiée. L'essai de conformité de réjection en mode commun doit être effectué sans et avec inversion de polarité. Si l'une des polarités donne un résultat accepté et l'autre polarité un résultat refusé, la valeur moyenne doit être utilisée pour déterminer la conformité aux prescriptions.

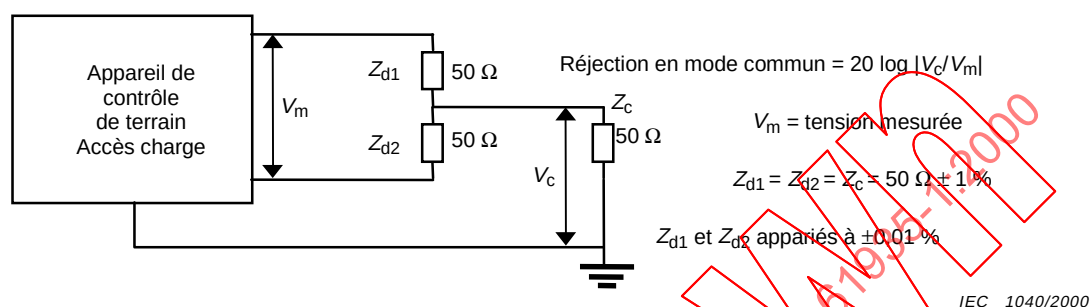


Figure 13 – Schéma fonctionnel de mesure de la réjection en mode commun

#### 6.3.4 Perte par paradiaphonie résiduelle

Cette prescription de performance s'applique aux

- mesures de perte par paradiaphonie paire à paire et de perte par paradiaphonie de la somme des puissances.

La perte par paradiaphonie résiduelle est la tension mesurée,  $V_m$ , à l'accès charge due à la tension à l'accès source,  $V_c$ , avec l'instrument de contrôle sur le terrain mesurant la perte par paradiaphonie,  $Z_d = 100 \Omega$ , avec la perte par réflexion inférieure à 20 dB sur la gamme de fréquences spécifiée. La tension mesurée est la tension déterminée par l'instrument de contrôle sur le terrain. Une procédure de mesure de la tension effectuée avec, au détecteur de sortie, un voltmètre externe, est acceptable si l'équivalence peut être démontrée.

$$\text{Perte paradiaphonique résiduelle} = -20 \log(V_m/V_c) \quad (20)$$

La terminaison aux instruments de contrôle sur le terrain doit être appliquée à l'endroit même où une connexion traversante mesurera la référence 0 dB (à l'exclusion de l'atténuation supplémentaire des conducteurs d'essais). Dans certains instruments de contrôle sur le terrain, ce sera à l'extrémité des conducteurs d'essai. A la figure 14,  $V_c$  est appliqué à chaque résistance  $Z_d$ , une à la fois, tandis que  $V_m$  est la tension mesurée sur une autre  $Z_d$  quand l'appareil mesure la perte par paradiaphonie.

Common mode rejection is defined as the ratio of the measured differential voltage to a common mode voltage applied to the load port. ( $V_c/V_m$  is used to make the value positive per convention.) The field test equipment shall be connected to ground for the measurement to be as near as possible to the port to be measured. This connection shall provide a low impedance path to the signal ground of the field tester over the specified frequency range. The CMR compliance test shall be conducted without and with a polarity reversal. If there is a pass condition with one polarity and a failure with the other polarity, the average value shall be used to determine compliance with the requirements.

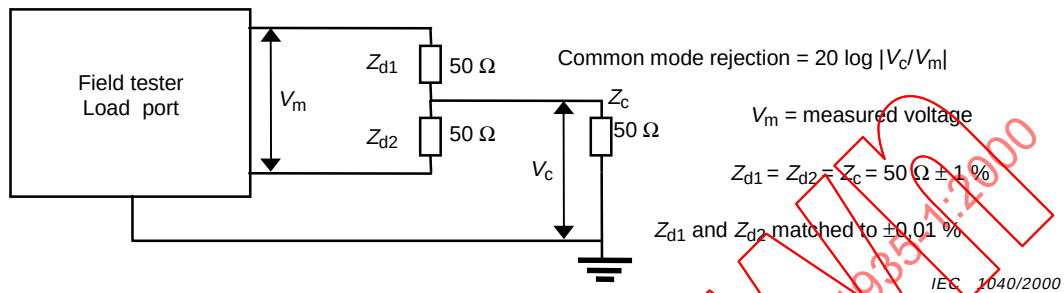


Figure 13 – Block diagram for measuring common mode rejection

#### 6.3.4 Residual NEXT loss

This performance requirement is applicable to

- pair-to-pair and power sum NEXT loss measurements.

The residual NEXT loss is the measured voltage,  $V_m$ , at the load port due to the source port voltage,  $V_o$ , with the field test instrument measuring NEXT loss,  $Z_d = 100 \Omega$ , with a return loss smaller than 20 dB over the specified frequency range. The measured voltage is the voltage determined by the field test equipment. A voltage measuring procedure with an external voltmeter at the output detector is acceptable if equivalency can be demonstrated.

$$\text{Residual NEXT loss} = -20 \log (V_m/V_c) \quad (20)$$

The termination to the field test equipment shall be applied at the same location where a through connection will measure 0 dB reference (excluding additional attenuation of test leads). In some field test equipment, this will be at the end of the test leads. In figure 14,  $V_o$  is applied to each resistor  $Z_d$ , one at a time, whilst  $V_m$  is the measured voltage across another  $Z_d$  when the test equipment is measuring NEXT loss.

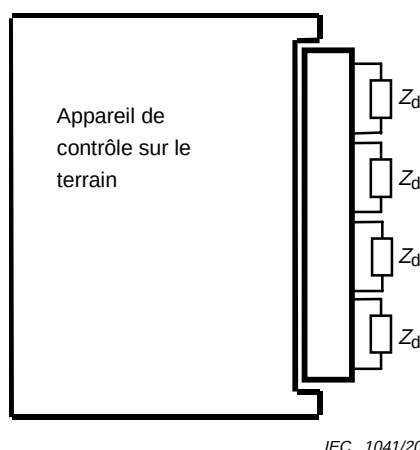


Figure 14 – Schéma fonctionnel de mesure de la perte par paradiaphonie résiduelle

### 6.3.5 Précision dynamique

Cette prescription de performance s'applique aux

- mesures de perte par paradiaphonie paire à paire et de perte par paradiaphonie de la somme des puissances;
- mesures de perte par télédiaphonie paire à paire et de perte de télédiaphonie de la somme des puissances;
- mesures d'atténuation.

La précision dynamique est la précision de la valeur mesurée par rapport à une entrée de tension extérieure. L'entrée de tension doit fournir une entrée équilibrée à source minimale de 40 dB avec une perte par réflexion minimale de 20 dB.

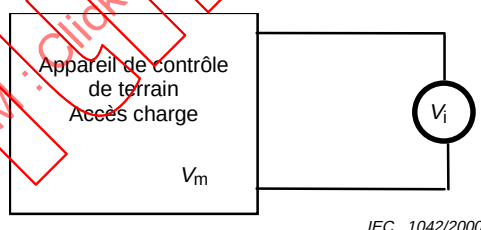


Figure 15 – Schéma fonctionnel de mesure de la précision dynamique

$V_i$  pourrait être fournie par l'instrument de contrôle sur le terrain et injectée dans le récepteur par un atténuateur résistif quand la diaphonie résiduelle est de 30 dB inférieure au niveau du signal injecté.

### 6.3.6 Perte par réflexion source/charge

Cette prescription de performance s'applique aux

- mesures de perte par paradiaphonie paire à paire et de perte par paradiaphonie de la somme des puissances;
- mesures de perte de télédiaphonie de niveau égal, paire à paire et de perte par télédiaphonie de niveau égal de la somme des puissances;
- mesures d'atténuation.

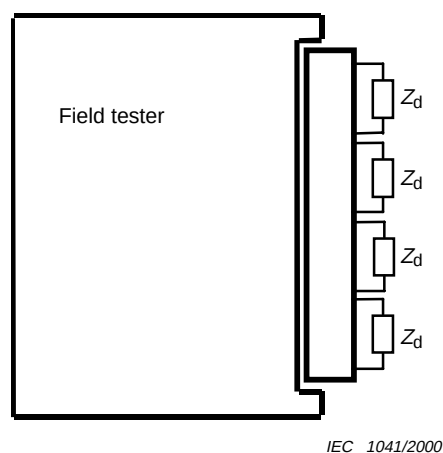


**Figure 14 – Block diagram for measuring residual NEXT loss**

### 6.3.5 Dynamic accuracy

This performance requirement is applicable to

- pair-to-pair and power sum NEXT loss measurements;
- pair-to-pair and power sum FEXT loss measurements;
- attenuation measurements.

Dynamic accuracy is the accuracy of the measured value to an external voltage input. The voltage input shall provide a minimum source balanced input of 40 dB with a minimum return loss of 20 dB.

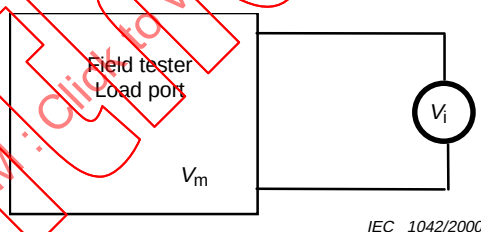


**Figure 15 – Block diagram for measuring dynamic accuracy**

$V_i$  could be sourced by the field instrument under test and injected into the receiver through a resistive attenuator when the residual cross-talk is 30 dB below the injected signal level.

### 6.3.6 Source/load return loss

This performance requirement is applicable to

- pair-to-pair and power sum NEXT loss measurements;
- pair-to-pair and power sum ELFEXT loss measurements;
- attenuation measurements.

Les fonctions de mesure de la perte par réflexion source et charge de l'atténuation, de la perte par paradiaphonie et de la perte par télédiaphonie de niveau égal doivent être mesurées avec un analyseur de réseaux étalonné à une résistance de 100  $\Omega$  avec une perte par réflexion supérieure à 40 dB sur toute la gamme de fréquences concernée. L'étalonnage doit comprendre un transformateur/symétriseur d'antennes à adaptation d'impédance avec une perte de conversion longitudinale supérieure à 40 dB.

$$\text{Perte par réflexion} = -20 \log(V_{\text{réfléchie}}/V_{\text{incidente}}) \quad (21)$$

### 6.3.7 Seuil de bruit aléatoire

Cette prescription de performance s'applique aux

- mesures de perte par paradiaphonie paire à paire et de perte par paradiaphonie de la somme des puissances;
- mesures de perte par télédiaphonie de niveau égal, paire à paire et de perte par télédiaphonie de niveau égal de la somme des puissances.

Le seuil de bruit aléatoire est le rapport de la tension  $V_m$  mesurée quand la tension de l'accès source est de zéro, à la tension de l'accès source  $V_o$  dans des conditions de mesure normales.

$$\text{Perte par réflexion} = -20 \log(V_m/V_o) \quad (22)$$

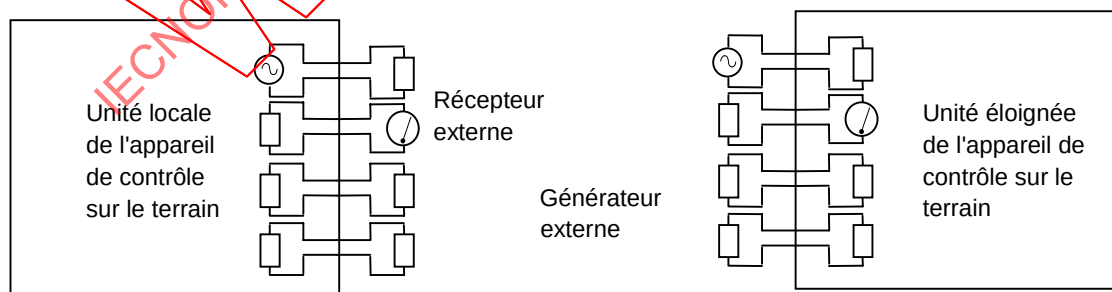
Une procédure de mesure de la tension effectuée avec, à la sortie du détecteur, un voltmètre externe est acceptable si elle fait la preuve de son équivalence.

### 6.3.8 Perte par télédiaphonie résiduelle

Cette prescription de performance s'applique aux

- mesures de perte par télédiaphonie paire à paire et de perte par télédiaphonie de la somme des puissances.

La perte par télédiaphonie du connecteur de l'instrument local peut être déterminée en mesurant la perte par télédiaphonie à l'aide d'un récepteur externe, et la perte par télédiaphonie du connecteur de l'instrument à distance peut être déterminée à l'aide d'un générateur externe (voir figure 16). Les réponses peuvent être normalisées en connectant le récepteur à la paire de stimuli et le générateur de signaux à la paire de mesures de l'instrument local et de l'instrument à distance respectivement.



IEC 1043/2000

Figure 16 – Principe de mesure de la perte par télédiaphonie résiduelle

Alternativement, la perte par télédiaphonie résiduelle peut être mesurée en interconnectant les unités locale et à distance de l'appareil de contrôle sur le terrain en utilisant des paires de fils individuelles dans des câbles multiples. Dans la première configuration de mesure, les fils sont aussi courts que possible et de longueur égale. Dans la deuxième configuration de mesure, la différence de longueur entre les paires de fils est sélectionnée de sorte qu'il en résulte un

The source and load return loss of the attenuation, NEXT loss and ELFEXT loss measurement functions shall be measured with a network analyzer calibrated to a 100  $\Omega$  resistor with a return loss better than 40 dB over the frequency range of interest. The calibration shall include an impedance matching transformer/balun with a better than 40 dB longitudinal conversion loss.

$$\text{Return loss} = -20 \log (V_{\text{reflected}}/V_{\text{incident}}) \quad (21)$$

### 6.3.7 Random noise floor

This performance requirement is applicable to

- pair-to-pair and power sum NEXT loss measurements;
- pair-to-pair and power sum ELFEXT loss measurements.

The random noise floor is the ratio of the measured voltage  $V_m$  when the source port voltage is zero, to the source port voltage  $V_o$  under normal measurement conditions.

$$\text{Return loss} = -20 \log (V_m/V_o) \quad (22)$$

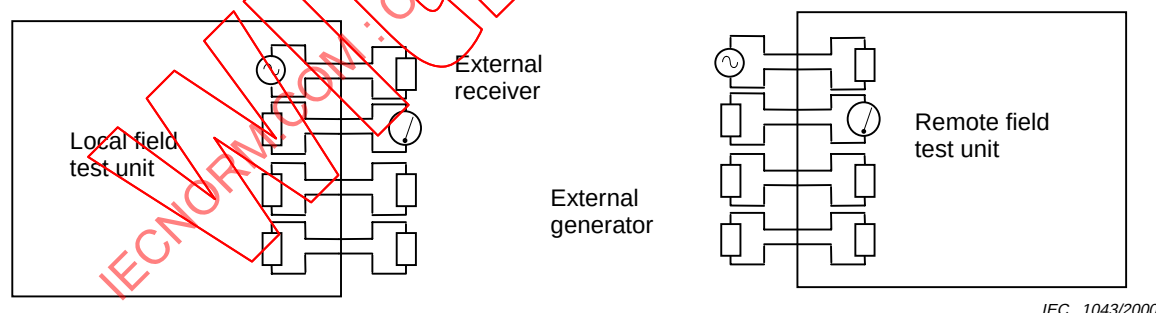
A voltage measuring procedure with an external voltmeter at the output of the detector is acceptable if it demonstrates equivalency.

### 6.3.8 Residual FEXT loss

This performance requirement is applicable to

- pair-to-pair and power sum FEXT loss measurements.

The FEXT loss of the local instrument connector can be determined by measuring the FEXT loss using an external receiver, and the FEXT loss of the remote instrument connector can be determined using an external signal generator (see figure 16). The responses can be normalised by connecting the receiver to the stimulus pair and the signal generator to the measurement pair of the local instrument and remote instrument respectively.



IEC 1043/2000

**Figure 16 – Principle of measurement of residual FEXT loss**

Alternatively, the residual FEXT loss may be measured by interconnecting the local and remote field tester units using individual wire pairs in multiple cables. In the first measurement configuration, the wires are as short as possible and of equal length. In the second measurement configuration, the length difference between wire pairs is selected so that a phase delay of approximately 180° at 100 MHz results. This may also be accomplished by

retard de phase d'environ 180° à 100 MHz. Cela peut aussi se faire par une inversion pointe/nuque dans l'une des paire de fils. La perte par télédiaphonie résiduelle la plus défavorable doit être utilisée, et une moitié de cette valeur doit être attribuée à la connexion à chaque extrémité.

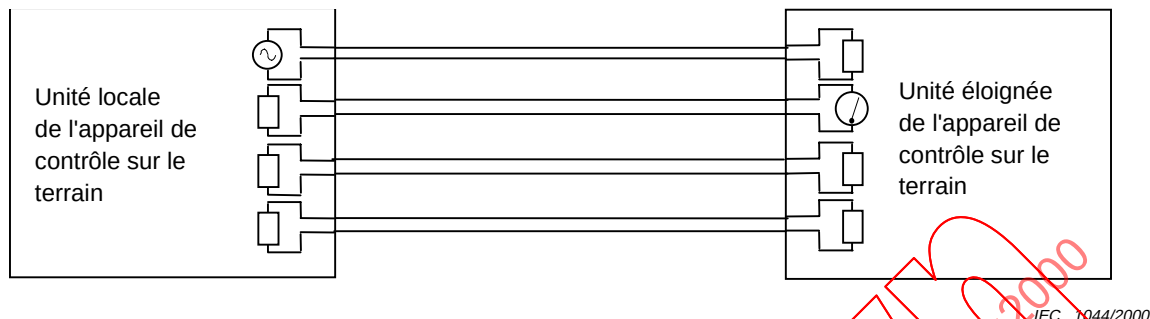


Figure 17 – Principe de mesure alternative de la perte par télédiaphonie résiduelle

### 6.3.9 Directivité

Cette prescription de performance s'applique aux

- mesures de perte par réflexion.

La directivité est le signal qui s'accouple dans la voie de mesure et s'ajoute au signal réfléchi qui est mesuré. Elle est quantifiée en effectuant une mesure de la perte par réflexion quand chaque paire de fils de l'interface d'essai est terminée par des résistances pastilles en haute fréquence de 100 Ω qui ont une perte par réflexion supérieure à 40 dB à partir de 1 MHz jusqu'à la limite supérieure de fréquence de la classe.

### 6.3.10 Suivi

Cette prescription de performance s'applique aux

- mesures de perte par réflexion (RL).

Le suivi est la réponse du transducteur utilisé pour déterminer le signal réfléchi. Il est déterminé à partir de deux mesures:

- mesure de la perte par réflexion avec toutes les paires de fil court-circuitées (le coefficient de réflexion réel est -1) en fonction de la fréquence, et
- mesure de la perte par réflexion avec toutes les paires de fils en circuit ouvert en fonction de la fréquence (le coefficient de réflexion réel est de +1).

La valeur moyenne des deux mesures est l'erreur de suivi en décibels. Si les résultats mesurés sont exprimés en valeurs positives de décibels, l'erreur de suivi est donnée par l'équation suivante:

$$Suivi_{dB} = -20 \log \left( \frac{10^{\frac{-RL_{court-circuit,dB}}{20}} + 10^{\frac{-RL_{circuit ouvert,dB}}{20}}}{2} \right) \quad (23)$$

a tip/ring reversal in one of the wire pairs. The worst case residual FEXT loss of both measurement configurations shall be used, and one half of this amount shall be assigned to the connection at each end.

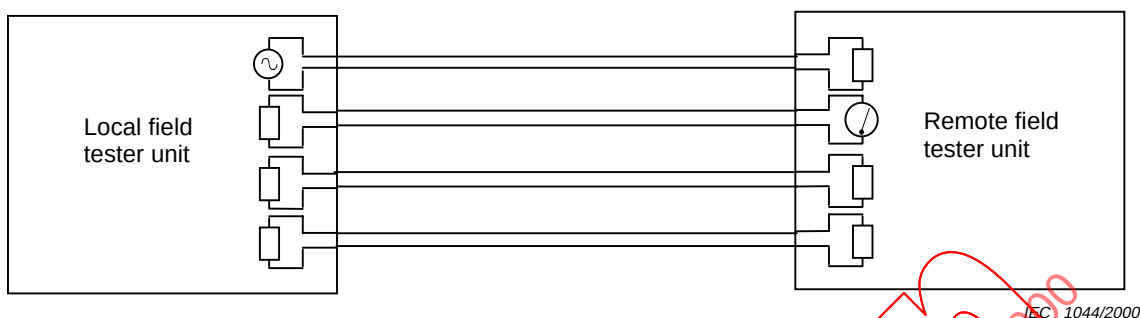


**Figure 17 – Principle of alternative measurement of residual FEXT loss**

### 6.3.9 Directivity

This performance requirement is applicable to

- return loss (RL) measurements.

Directivity is the signal that couples into the measurement channel and adds to the reflected signal that is measured. It is measured by performing a return loss measurement when terminating each wire-pair of the test interface with 100  $\Omega$  r.f. chip resistors that have a return loss better than 40 dB from 1 MHz to the upper frequency limit of the class.

### 6.3.10 Tracking

This performance requirement is applicable to

- return loss measurements.

Tracking is the response of the transducer used to determine the reflected signal. It is determined from two measurements:

- measurement of return loss with all wire pairs short-circuited (the actual reflection coefficient is  $-1$ ) as a function of frequency;
- measurement of return loss with all wire pairs open-circuit as a function of frequency (the actual reflection coefficient is  $+1$ ).

The average value of the two measurements is the tracking error in decibels (dB). If the measured results are expressed in positive decibel values, the tracking error is given by the following equation:

$$Tracking_{dB} = -20 \log \left( \frac{10^{\frac{-RL_{short,dB}}{20}} + 10^{\frac{-RL_{open,dB}}{20}}}{2} \right) \quad (23)$$

### 6.3.11 Adaptation de la source

Cette prescription de performance s'applique aux

- mesures de perte par réflexion.

L'adaptation de la source est une mesure du signal réfléchi qui n'est pas absorbé par le circuit de mesure de la perte par réflexion. Elle est déterminée à partir des mesures de directivité, de perte par réflexion avec paires de fils court-circuitées et de perte par réflexion avec paires de fils ouvertes. Avec les résultats de toutes les mesures exprimés en valeurs positives de décibels, l'erreur de l'adaptation de la source est donnée par l'équation suivante:

$$Adaptation\_de\_la\_source_{dB} = -20 \log \left( \frac{-10 \frac{-RL_{court-circuit,dB}}{20} + 10 \frac{-RL_{circuit\ ouvert,dB}}{20}}{2} + 10 \frac{-Directivité_{dB}}{20} \right) \quad (24)$$

Si des informations sur les phases sont disponibles, cette équation peut être modifiée pour y inclure les effets de phase correspondants.

### 6.3.12 Perte par réflexion de la terminaison éloignée

Cette prescription de performance s'applique aux

- mesures de perte par réflexion.

Les prescriptions pour la perte par réflexion de la terminaison éloignée dépassent celles pour les fonctions de mesure de la perte par réflexion source/charge de l'atténuation, de la perte par paradiaphonie et de la perte par télédiaphonie de niveau égal. Afin d'effectuer cette mesure, il faut utiliser un analyseur de réseaux avec unité d'essai du paramètre S, capable de fournir un étalonnage à un accès, comme décrit pour la mesure de la perte par réflexion source/charge des fonctions d'atténuation, de perte par paradiaphonie et de perte par télédiaphonie. La perte par réflexion de la terminaison de chaque paire de fils doit être déterminée séparément.

### 6.3.13 Terme d'erreur constante de la fonction de mesure du temps de propagation

Les paramètres qui affectent la précision du temps de propagation comprennent un terme d'erreur constante  $E_c$  et un terme  $E_d$  qui est proportionnel à la longueur de la liaison.

Le terme d'erreur constante de la fonction de mesure du temps de propagation est déterminé en connectant l'unité principale à l'unité éloignée par un câble d'essai court et en mesurant le temps de propagation qui est consigné. Le temps de propagation consigné doit être inférieur au terme d'erreur constante du temps de propagation.

### 6.3.14 Constante d'erreur proportionnelle au temps de propagation de la fonction de mesure du temps de propagation

Le temps de propagation d'un câble d'une longueur totale d'environ 100 m doit être mesuré à l'aide de la procédure de mesure de référence. Le temps de propagation à 10 MHz est la valeur de référence.

Le même câble doit être connecté à l'appareil de contrôle sur le terrain et le temps de propagation mesuré. La valeur consignée par l'appareil de contrôle sur le terrain moins la valeur consignée mesurée quand une connexion très courte était faite au même appareil de contrôle sur le terrain doit moins s'écarter de la constante d'erreur qui est proportionnelle au temps de propagation de la fonction de mesure du temps de propagation.

### 6.3.11 Source match

This performance requirement is applicable to

- return loss measurements.

Source match is a measurement of the reflected signal that is not absorbed by the return loss measurement circuitry. It is determined from the measurements of directivity, return loss with shorted wire-pairs and return loss with open wire-pairs. With the results of all measurements expressed in positive decibel values, the source match error is given by the following equation:

$$Source\_match_{dB} = -20 \log \left( \left| \frac{-10 \frac{-RL_{short,dB}}{20} + 10 \frac{-RL_{open,dB}}{20}}{2} + 10 \frac{-Directivity_{dB}}{20} \right| \right) \quad (24)$$

In case phase information is available, this equation may be changed to include relevant phase effects.

### 6.3.12 Return loss of remote termination

This performance requirement is applicable to

- return loss measurements.

The requirements for the return loss of the remote termination exceed those for the source/load return loss of the attenuation, NEXT loss and FEXT loss measurement functions. In order to perform this measurement, a network analyzer with an S-parameter test set, capable of providing one-port calibration, shall be used as described for the source/load return loss measurement of the attenuation, NEXT loss and FEXT loss functions. The return loss of the termination of each wire pair shall be separately determined.

### 6.3.13 Constant error term of the propagation delay measurement function

The parameters which affect propagation delay accuracy include a constant error term  $E_c$  and a term  $E_d$  which is proportional to the length of the link.

The constant error term of the propagation delay measurement function is determined by connecting the main unit to the remote unit through a short test cable and measuring the propagation delay that is reported. The reported propagation delay shall be less than the constant error term of the propagation delay.

### 6.3.14 Error constant proportional to propagation delay of the propagation delay measurement function

The propagation delay of cabling with a total length of approximately 100 m shall be measured using the reference measurement procedure. The propagation delay at 10 MHz is the reference value.

The same cabling shall be connected to the field tester and the propagation delay measured. The reported value by the field tester minus the reported value measured when a very short connection was made to the same field tester shall deviate less from the error constant which is proportional to the propagation delay of the propagation delay measurement function.

### **6.3.15 Terme d'erreur constante de la fonction de mesure du biais temporel**

Pour vérifier la précision de la mesure du biais temporel, une liaison de  $100\text{ m} \pm 5\text{ m}$  avec cordons spéciaux décrite dans la procédure de mesure de référence pour le temps de propagation doit être utilisée. La longueur de la paire de fils avec le temps de propagation le plus élevé doit être prolongée de sorte que le biais temporel de ces paires de fils soit d'environ 50 ns lorsqu'il est mesuré à l'aide de la fonction de mesure du retard de phase de l'analyseur de réseaux et déterminé à une fréquence de 10 MHz.

Quand la liaison est mesurée avec l'appareil de contrôle sur le terrain, le biais temporel consigné des deux paires de fils doit se situer dans les limites de 10 ns de la valeur à une fréquence de 10 MHz mesurée à l'aide de la procédure de référence.

### **6.3.16 Terme d'erreur constante de la fonction de mesure de la longueur**

Le terme d'erreur constante de la fonction de mesure de la longueur est déterminé en connectant l'unité principale à l'unité éloignée par un câble d'essai court et en observant la longueur qui est consignée. La longueur consignée doit être inférieure au terme d'erreur constante de la fonction de mesure de la longueur.

### **6.3.17 Constante d'erreur proportionnelle à la longueur de la fonction de mesure de la longueur**

Une longueur de câble d'une longueur totale d'environ 100 m doit être mesurée avec un ruban mesureur et l'étalonnage de la vitesse nominale de propagation doit être effectué. Puis, un câble d'une longueur connue d'environ 50 m doit être soumis à un étalonnage de la vitesse nominale de propagation.

Les longueurs consignées doivent s'écarter des valeurs réelles de moins de la moitié de la valeur de la constante d'erreur proportionnelle à la longueur.

### **6.3.18 Terme d'erreur constante de la fonction de mesure de la résistance en courant continu**

Le terme d'erreur constante de la fonction de mesure de la résistance en courant continu est déterminé en connectant un connecteur avec courts-circuits sur chaque paire de fils. La résistance en courant continu consignée dans chaque cas doit être inférieure au terme d'erreur constante de la fonction de mesure de la résistance en courant continu.

### **6.3.19 Constante d'erreur proportionnelle à la résistance en courant continu de la fonction de mesure de la résistance en courant continu**

La résistance en courant continu d'un câble d'une longueur totale d'environ 100 m doit être mesurée à l'aide d'un ohmmètre à quatre bornes avec une précision spécifiée d'au moins 0,25 %. La procédure de mesure de référence de la résistance en courant continu doit être utilisée.

La résistance en courant continu du même câble, mesurée par l'appareil de contrôle sur le terrain, moins la valeur de résistance en courant continu observée avec les paires de fil court-circuitées, doit être inférieure à la constante d'erreur qui est proportionnelle à la résistance en courant continu.

### **6.3.20 Procédure pour vérifier la performance des câbles d'essai**

Une liaison permanente doit être mesurée à l'accès d'essai pour lequel la précision de la ligne de base est valide. Puis, un échantillon représentatif du câble utilisé pour fabriquer les cordons d'essai pour l'appareil de contrôle sur le terrain doit être inséré en série avec la liaison. Les techniques décrites en 6.5.2 doivent être utilisées pour faire les connexions dans les deux configurations de mesure.

### 6.3.15 Constant error term of the delay skew measurement function

To verify the accuracy of the delay skew measurement, a  $100\text{ m} \pm 5\text{ m}$  link with special patch cords as described in the reference measurement procedure for propagation delay shall be used. The length of the wire pair with the highest propagation delay shall be extended so that the delay skew of these wire pairs is approximately 50 ns as measured using the phase delay measurement function of the network analyzer and determined at a frequency of 10 MHz.

When the link is measured with the field tester, the reported delay skew of the two wire pairs shall be within 10 ns of the value at a frequency of 10 MHz measured using the reference procedure.

### 6.3.16 Constant error term of the length measurement function

The constant error term of the length measurement function is determined by connecting the main unit to the remote unit through a short test cable and observing the length that is reported. The reported length shall be less than the constant error term of the length measurement function.

### 6.3.17 Error constant proportional to length of the length measurement function

A length of cabling with a total length of approximately 100 m shall be measured using a tape measure and the NVP calibration shall be performed. A cable with a known length of approximately 50 m shall then be submitted to NVP calibration.

The reported lengths shall deviate from the actual values by less than half the amount of the error constant proportional to length.

### 6.3.18 Constant error term of the d.c. resistance measurement function

The constant error term of the d.c. resistance measurement function is determined by connecting a connector with shorts across each wire pair. The reported d.c. resistance in each case shall be less than the constant error term of the d.c. resistance measurement function.

### 6.3.19 Error constant proportional to d.c. resistance of the d.c. resistance measurement function

The d.c. resistance of cabling with a total length of approximately 100 m shall be measured using a four-terminal ohmmeter with a specified accuracy of at least 0,25 %. The reference d.c. resistance measurement procedure shall be used.

The d.c. resistance of the same cabling, measured by the field tester, less the observed d.c. resistance value with the wire pairs shorted, shall be less than the error constant which is proportional to the d.c. resistance.

### 6.3.20 Procedure to verify test cable performance

A permanent link shall be measured at the test port for which the baseline accuracy is valid. Then a representative sample of the cable used to construct test cords for the field tester shall be inserted in series with the link. The techniques described in 6.5.2 shall be used to make the connections in the two measurement configurations.

### 6.3.21 Procédure pour vérifier la performance de l'adaptateur d'essai

Une voie doit être mesurée à l'accès d'essai pour lequel la précision de la ligne de base est valide. Puis, l'adaptateur couplé à une fiche d'essai doit être inséré en série avec la voie. La fiche d'essai doit être conforme aux spécifications d'essai dans la partie appropriée de la CEI 60603-7. Les techniques décrites en 6.5.2 doivent être utilisées pour faire les connexions dans les deux configurations de mesure.

## 6.4 Modèles d'erreurs de mesure

### 6.4.1 Généralités

La précision de mesure pour la liaison permanente et pour la voie est calculée à partir de la précision de la ligne de base et des erreurs causées par les câbles d'essai et les adaptateurs. Sauf indication contraire, ces modèles d'erreurs sont applicables à toutes les classes d'équipement.

Les modèles d'erreur utilisés pour estimer la précision de mesure de la ligne de base de l'appareil de contrôle sur le terrain sont basés sur le modèle d'erreur à douze paramètres défini pour les mesures des analyseurs de réseaux, avec des modifications et des simplifications. Il n'y a pas de garantie que ces simplifications et modifications soient appropriées dans toutes les circonstances ni que le modèle d'erreur soit complet. Néanmoins, les précisions de mesure estimées calculées à partir des modèles d'erreurs indiqués dans cet article sont une indication raisonnable de la performance de mesure qui peut être attendue d'un appareil de contrôle sur le terrain conforme. La précision de mesure estimée calculée doit être en harmonie avec les résultats des comparaisons des analyseurs de réseaux.

### 6.4.2 Modèle d'erreur pour la fonction de mesure de l'atténuation des appareils de contrôle de niveau IIE

$$\begin{aligned} \text{Précision}_{\text{Perte d'insertion, dB}} = \\ E_{d, \text{perte d'insertion}} + 20 \log \left[ 1 + 10^{\frac{-E_{RL, \text{appareil}}}{10}} + 2 \times 10^{\frac{-(E_{RL, \text{appareil}} + E_{RL, \text{liaison}})}{20}} \right] \end{aligned} \quad (25)$$

où

$\text{Précision}_{\text{Perte d'insertion, dB}}$  est la précision estimée de la fonction de mesure de l'atténuation, en décibels;

$E_{d, \text{perte d'insertion}}$  est la précision dynamique de l'appareil de contrôle pour l'atténuation, en décibels;

$E_{RL, \text{appareil}}$  est la perte par réflexion de l'appareil de contrôle;

$E_{RL, \text{liaison}}$  est la perte par réflexion de la liaison.

Hypothèses:

- La précision dynamique s'ajoute à tous les autres termes d'erreur.
- L'erreur provenant de la perte par réflexion source/charge de l'appareil de contrôle plus l'incidence de l'interaction source/charge avec la perte par réflexion de la liaison est ajoutée.
- L'incidence du câble d'essai pour la mesure de la liaison permanente et du connecteur utilisés pour l'interface de la voie est censé avoir un effet significatif sur la perte par réflexion source/charge de l'appareil de contrôle sur le terrain.