

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1342**

Première édition
First edition
1995-02

**Instrumentation nucléaire –
Analyseurs d'amplitude multicanaux –
Principales caractéristiques, prescriptions
techniques et méthodes d'essai**

**Nuclear instrumentation –
Multichannel pulse height analyzers –
Main characteristics, technical requirements
and test methods**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1342: 1995

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60 000.

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 60 050: *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 60 027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60 617: *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 60 000 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 60 050: *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 60 027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60 617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1342**

Première édition
First edition
1995-02

**Instrumentation nucléaire –
Analyseurs d'amplitude multicanaux –
Principales caractéristiques, prescriptions
techniques et méthodes d'essai**

**Nuclear instrumentation –
Multichannel pulse height analyzers –
Main characteristics, technical requirements
and test methods**

© CEI 1995 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE **XA**

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	8
Articles	
1 Domaine d'application et objet	10
2 Références normatives	12
3 Définitions et symboles	14
4 Caractéristiques des AMC	26
5 Prescriptions techniques	28
6 Généralités	30
7 Méthodes d'essai	34
7.1 Amplitudes de signal minimale et maximale mesurées	34
7.1.1 Appareillage	34
7.1.2 Préparation de l'essai	36
7.1.3 Mode opératoire	36
7.1.4 Traitement des données de mesure	36
7.1.5 Instabilité de l'amplitude mesurée	36
7.1.6 Erreur complémentaire sur l'amplitude mesurée due aux variations de température	38
7.1.7 Erreur complémentaire sur l'amplitude mesurée due aux variations de tension d'alimentation	38
7.2 Largeur du canal	38
7.2.1 Appareillage	38
7.2.2 Préparation de l'essai	40
7.2.3 Mode opératoire	40
7.2.4 Traitement des données de mesure	40
7.2.5 Erreur principale de largeur de canal	42
7.2.6 Instabilité de largeur de canal	42
7.2.7 Erreur complémentaire de largeur de canal due aux variations de température	42
7.2.8 Erreur complémentaire de largeur de canal due aux variations de tension d'alimentation	42
7.3 Point zéro	44
7.3.1 Appareillage	44
7.3.2 Préparation de l'essai	44
7.3.3 Mode opératoire	44

CONTENTS

	Page
FOREWORD	9
Clause	
1 Scope and object	11
2 Normative references	13
3 Definitions and symbols	15
4 Characteristics of MCAs	27
5 Technical requirements	29
6 General	31
7 Test methods	35
7.1 Minimum and maximum measured signal pulse heights	35
7.1.1 Apparatus	35
7.1.2 Preparation for the test	37
7.1.3 Test procedure	37
7.1.4 Processing of measured data	37
7.1.5 Instability of the measured pulse height	37
7.1.6 Additional error of the measured pulse height due to temperature changes	39
7.1.7 Additional error of the measured pulse height due to supply voltage changes	39
7.2 Channel width	39
7.2.1 Apparatus	39
7.2.2 Preparation for the test	41
7.2.3 Test procedure	41
7.2.4 Processing of measured data	41
7.2.5 Main error of the channel width	43
7.2.6 Instability of the channel width	43
7.2.7 Additional error of the channel width due to temperature changes	43
7.2.8 Additional error of the channel width due to supply voltage changes ..	43
7.3 Zero point	45
7.3.1 Apparatus	45
7.3.2 Preparation for the test	45
7.3.3 Test procedure	45

Articles	Pages
7.3.4 Traitement des données de mesure	44
7.3.5 Erreur principale du point zéro	44
7.3.6 Instabilité du point zéro	44
7.3.7 Erreur complémentaire du point zéro due aux variations de température	44
7.3.8 Erreur complémentaire du point zéro due aux variations de tension d'alimentation	46
7.4 Non-linéarité intégrale	46
7.4.1 Appareillage	46
7.4.2 Préparation de l'essai	46
7.4.3 Mode opératoire	46
7.4.4 Traitement des données de mesure	48
7.4.5 Variation de la non-linéarité intégrale due aux variations de température	48
7.4.6 Variation de la non-linéarité intégrale due aux variations de tension d'alimentation	48
7.5 Non-linéarité différentielle (NLD)	48
7.5.1 Méthodes de mesures de la non-linéarité différentielle	48
7.5.2 Méthode combinée pour déterminer simultanément NLD, NLI et le bruit du CAN	52
7.5.3 Méthode du scintillomètre	56
7.6 Domaine de fonctionnement	60
7.6.1 Appareillage	60
7.6.2 Préparation de l'essai	60
7.6.3 Mode opératoire	60
7.6.4 Traitement des données de mesure	60
7.7 Temps mort de l'analyseur	60
7.7.1 Appareillage	60
7.7.2 Préparation de l'essai	62
7.7.3 Mode opératoire	62
7.7.4 Traitement des données de mesure	62
7.7.5 Méthode subsidiaire	64
7.8 Fréquence maximale d'impulsions à mesurer	64
7.8.1 Appareillage	64
7.8.2 Préparation de l'essai	66
7.8.3 Mode opératoire	66
7.8.4 Traitement des données de mesure	66

Clause	Page
7.3.4 Processing of measured data	45
7.3.5 Main error of the zero point	45
7.3.6 Instability of the zero point	45
7.3.7 Additional error of the zero point due to temperature changes	45
7.3.8 Additional error of the zero point due to supply voltage changes	47
7.4 Integral non-linearity	47
7.4.1 Apparatus	47
7.4.2 Preparation for the test	47
7.4.3 Test procedure	47
7.4.4 Processing of measured data	49
7.4.5 Variance of integral non-linearity due to temperature changes	49
7.4.6 Variance of integral non-linearity due to supply voltage changes	49
7.5 Differential non-linearity (DNL)	49
7.5.1 Methods for DNL measurements	49
7.5.2 A combined method for determining DNL, INL and ADC noise	53
7.5.3 Scintillation counter method	57
7.6 Operating range	61
7.6.1 Apparatus	61
7.6.2 Preparation for the test	61
7.6.3 Test procedure	61
7.6.4 Processing of measured data	61
7.7 Dead time of the MCA	61
7.7.1 Apparatus	61
7.7.2 Preparation for the test	63
7.7.3 Test procedure	63
7.7.4 Processing of measured data	63
7.7.5 Subsidiary method	65
7.8 Maximum pulse frequency to be measured	65
7.8.1 Apparatus	65
7.8.2 Preparation for the test	67
7.8.3 Test procedure	67
7.8.4 Processing of measured data	67

Articles	Pages
7.9 Erreur de correction du temps mort	66
7.9.1 Appareillage	66
7.9.2 Préparation de l'essai	66
7.9.3 Mode opératoire	68
7.9.4 Traitement des données de mesure	68
7.10 Facteur non rectangulaire du profil de canal	68
7.10.1 Méthode générale	68
7.10.2 Appareillage	68
7.10.3 Préparation de l'essai	68
7.10.4 Mode opératoire	68
7.10.5 Traitement des données de mesure	70
7.11 Capacité de traitement du système	70
7.11.1 Appareillage	70
7.11.2 Préparation de l'essai	70
7.11.3 Mode opératoire	72
7.11.4 Traitement des données de mesure	72
Figures	74
Annexes	
A Valeurs guides de spécifications techniques pour les paramètres des analyseurs multicanaux d'amplitude	86
B Calcul de centre et de largeur de raies spectrales	92
C Méthode subsidiaire pour mesure des NLD locales	96
D Méthode de contrôle rapide	100
E Méthode d'essai du temps mort moyen (essai auxiliaire)	102
F Bibliographie	104

Clause	Page
7.9 Dead time correction error	67
7.9.1 Apparatus	67
7.9.2 Preparation for the test	67
7.9.3 Test procedure	69
7.9.4 Processing of measured data	69
7.10 Non-rectangular factor of channel profile	69
7.10.1 General method	69
7.10.2 Apparatus	69
7.10.3 Preparation for the test	69
7.10.4 Test procedure	69
7.10.5 Processing of measured data	71
7.11 System throughput	71
7.11.1 Apparatus	71
7.11.2 Preparation for the test	71
7.11.3 Test procedure	73
7.11.4 Processing of measured data	73
Figures	75
Annexes	
A Technically based values of parameters of multichannel pulse height analyzers	87
B Calculation of the positions (modal channel) of spectral lines	93
C Subsidiary method for local DNL measurements	97
D A quick DNL checking method	101
E Average dead time test method (auxiliary test)	103
F Bibliography	105

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTRUMENTATION NUCLÉAIRE – ANALYSEURS D'AMPLITUDE MULTICANAUX – PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES, PRESCRIPTIONS TECHNIQUES ET MÉTHODES D'ESSAI

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique 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 en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles 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.

La Norme internationale CEI 1342 a été établie par le comité d'études 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Cette norme annule et remplace la CEI 578 (1977) et la CEI 659 (1979).

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
45(BC)208	45(BC)220

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

Les annexes A à F sont données uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**NUCLEAR INSTRUMENTATION –
MULTICHANNEL PULSE HEIGHT ANALYZERS –
MAIN CHARACTERISTICS, TECHNICAL REQUIREMENTS
AND TEST METHODS**

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 cooperation 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, prepared by technical committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, 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.

International Standard IEC 1342 has been prepared by IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

This standard cancels and replaces IEC 578 (1977) and IEC 659 (1979).

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

DIS	Report on voting
45(CO)208	45(CO)220

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

Annexes A to F are for information only.

INSTRUMENTATION NUCLÉAIRE – ANALYSEURS D'AMPLITUDE MULTICANAUX – PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES, PRESCRIPTIONS TECHNIQUES ET MÉTHODES D'ESSAI

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale s'applique aux analyseurs d'amplitude multicanaux (AMC) réponse linéaire qui sont des dispositifs de mesure utilisés pour l'acquisition, le stockage et le traitement des distributions en amplitude.

Ces analyseurs sont destinés aux opérations suivantes:

- recevoir des impulsions provenant de sous-ensembles de détection ou d'autres sources;
- conversion analogique-numérique (CAN) des données relatives aux amplitudes;
- organisation des données d'amplitude selon des critères prédéterminés;
- stockage de l'information numérique (histogramme);
- traitement d'un histogramme d'amplitude mémorisé et d'informations extérieures, selon des algorithmes prédéterminés;
- entrée et sortie de données (par exemple, écran, imprimante, unité de disquette, traceur, etc.).

Il est possible d'effectuer les opérations ci-dessus séparément ou de manière intégrée.

Tous les essais décrits dans le présent document ne sont pas obligatoires, mais si un essai est effectué, il doit l'être conformément aux procédures indiquées dans le présent document.

Dans de nombreux cas en physique nucléaire, la mesure de la distribution de certains types de paramètres, tels que l'énergie de particules, leur masse, leur distribution temporelle, leur diffusion sur certains angles, etc. revêt une très grande importance. Dans les méthodes modernes de mesure, cette fonction est habituellement effectuée à l'aide d'un analyseur d'amplitude multicanal. Ce type de dispositif est construit de telle sorte qu'une certaine grandeur physique soit numérisée et mémorisée selon cette valeur numérique. Tous les analyseurs modernes contiennent, pour ce dernier usage, des unités de stockage spéciales (mémoires). Une fois la mesure effectuée, les informations requises sont extraites de la mémoire afin d'être utilisées pour l'interprétation des données physiques. Actuellement, les analyseurs d'amplitude multicanaux sont de plus en plus couramment utilisés dans différents domaines de la science et de l'industrie.

Leur but spécifique est de convertir l'amplitude se rapportant à un certain événement nucléaire (habituellement l'énergie) en un nombre correspondant à une cellule de mémoire, afin de pouvoir mémoriser un histogramme en tout point similaire à la distribution d'amplitudes discernable pendant la mesure.

Cette distribution reflète la densité de probabilité d'énergie des particules (spectre d'énergie). A l'aide des informations mémorisées concernant la distribution, il est facile de déterminer les informations relatives à l'énergie initiale des particules (particules alpha et/ou bêta, gamma et quantum-X, etc.). En outre, ces informations peuvent être utilisées pour déterminer des densités de flux, des débits de dose et des doses, des concentrations et des teneurs en isotopes et en éléments, etc.

NUCLEAR INSTRUMENTATION – MULTICHANNEL PULSE HEIGHT ANALYZERS – MAIN CHARACTERISTICS, TECHNICAL REQUIREMENTS AND TEST METHODS

1 Scope and object

This International Standard is applicable to multichannel pulse height (amplitude) analyzers (MCA) with linear amplitude response, which are measuring devices used for acquisition, storage and processing of amplitude distributions.

These analyzers automatically carry out the following operations:

- acceptance of pulses from detection sub-assemblies or other sources;
- analogue-to-digital conversion (ADC) of the pulse height information;
- sorting of pulse height data according to predetermined characteristics;
- storage of digital information (histogram);
- processing of stored pulse height histogram and externally supplied information in accordance with predetermined algorithms;
- data input and output functions (for example, driving a display, a printer, a floppy disk drive, a plotter, etc.).

The above operations may be accomplished separately or combined in an integrated instrument.

All the tests described herein are not mandatory, but if the test is carried out, then it shall be done in accordance with the procedures given herein.

In many cases in nuclear physics, it is very important to measure the distribution of certain kinds of parameters, such as the energy of particles, their mass, their distribution in time, their scattering on certain angles, etc. In modern measuring practice, this performance is usually accomplished by means of a multichannel pulse height analyzer. This type of a device is built in such a way that a quantity of a certain physical quality is digitized and then stored according to its digitized number. All modern MCAs contain special storing units (memories) for this purpose. After accomplishing the measurement the required information is retrieved from the memory so that it can be used for interpretation of the physical data. Nowadays, multichannel pulse height analyzers are more widely used in different fields of science and industry.

Their specific aim in nuclear applications is to transform the pulse height related to a certain nuclear event (usually energy) into a number corresponding to a memory cell, so that during the measurement one can store a histogram that is very similar to the initial pulse height distribution.

This distribution reflects the probability density of particle energy (energy spectrum). Using the stored information about the distribution it is easy to determine the information about the initial energy of the particles (alpha and/or beta-particles, gamma and X-quantum, etc.). Further, this information can be used to determine flux densities, dose rates and doses, isotope and element concentrations and contents, etc.

Habituellement, un analyseur d'amplitude comporte un CAN (convertisseur analogique-numérique), une unité d'acquisition, une mémoire, un écran d'affichage ainsi que différentes unités d'entrée/sortie (E/S) (écran, imprimante, traceur, etc.).

Le but de la présente norme est de présenter des termes et des définitions, d'énumérer les principales caractéristiques des analyseurs multicanaux, les prescriptions techniques et les méthodes d'essai relatives aux paramètres suivants:

- les amplitudes minimale et maximale du signal à mesurer;
 - erreur principale sur les amplitudes minimale et maximale mesurées du signal;
 - instabilité des amplitudes maximale et minimale du signal mesuré;
 - erreurs complémentaires (variations) sur amplitudes maximale et minimale mesurées du signal;
- largeur du canal;
 - erreur totale de la largeur du canal;
 - instabilité de la largeur du canal;
 - erreurs complémentaires (variations) sur largeur du canal;
- la position du point zéro;
 - seuil canal zéro;
 - instabilité du point zéro;
 - erreurs complémentaires (variations) sur point zéro;
- le domaine de fonctionnement;
- la non-linéarité intégrale;
- la non-linéarité différentielle;
- le temps mort;
- le débit maximal d'impulsions d'entrée à mesurer;
- l'erreur sur le temps actif;
- le facteur non rectangulaire du profil de canal;
- la capacité de traitement du système.

2 Références normatives

Le document normatif suivant contient des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, l'édition indiquée était en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer l'édition la plus récente du document normatif indiqué ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 721-3-3: (1987), *Classification des conditions d'environnement – Troisième partie: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Utilisation à poste fixe, protégé contre les intempéries*

Usually, a pulse height analyzer includes an ADC (analogue-to-digital converter), an acquisition unit, a memory, a display and different input/output (I/O) units (display, printer, plotter, etc.).

The object of this standard is to present terms and definitions, to list main characteristics of multichannel analyzers, technical requirements and test methods for the following parameters:

- minimum and maximum signal pulse heights to be measured;
 - main error of the minimum and maximum measured signal pulse heights;
 - instability of the minimum and maximum measured signal pulse heights;
 - additional errors (or variations) of the minimum and maximum measured signal pulse heights;
- channel width;
 - total error of the channel width;
 - instability of the channel width;
 - additional errors of the channel width;
- zero point position;
 - offset;
 - instability of the zero point;
 - additional errors of the zero point;
- operating range;
- integral non-linearity;
- differential non-linearity;
- dead time;
- maximum input pulse rate to be measured;
- live time error;
- non rectangular factor of channel profile;
- system throughput.

2 Normative references

The following normative document contains provisions which, through reference in this text, constitutes provisions of this International Standard. At the time of publication, the edition indicated was valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent edition of the normative document indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 721-3-3: 1987, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Stationary use at weather-protected locations*

3 Définitions et symboles

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes s'appliquent:

3.1 nombre de canaux: Nombre de positions adressables (par la partie matérielle de l'analyseur) dans la mémoire d'un analyseur.

3.2 nombre de sous-groupes: Nombre des parties de la mémoire d'un analyseur qui peuvent effectuer un stockage autonome de l'information selon des instructions (réglages) prédéterminées, ou selon un programme prédéfini.

3.3 nombre de canaux dans un sous-groupe: Nombre de positions adressables dans la mémoire d'un sous-groupe.

3.4 nombre maximal de niveaux de quantification: Nombre maximal de niveaux discrets selon lequel un convertisseur analogique-numérique peut diviser un signal d'entrée en fonction de son amplitude. Généralement, on fait correspondre un niveau de quantification à un canal de l'analyseur.

3.5 capacité de canal: Nombre maximal d'événements (coups) qu'il est possible d'enregistrer dans un canal d'analyseur.

3.6 amplitude minimale mesurée ($A_{\min}$): Amplitude d'un signal d'entrée correspondant au niveau minimal à partir duquel la quantification débute, lorsqu'un discriminateur extérieur ou réglable est mis hors service ou réglé à son niveau minimal.

3.7 amplitude maximale mesurée ($A_{\max}$): L'amplitude du signal d'entrée qui correspond au niveau de quantification maximal lorsqu'un seuil canal zéro spécifié est indiqué et que tout discriminateur extérieur ou réglable est mis hors service ou fixé à son niveau maximal.

3.8 domaine de fonctionnement: Domaine des réponses en amplitude dans lequel l'analyseur satisfait aux spécifications.

NOTES

1 Il est exprimé comme la valeur la plus haute et la valeur la plus basse du signal d'entrée. Le domaine de fonctionnement prévu doit se situer entre les valeurs $A_{\min}$ et $A_{\max}$ mentionnées ci-dessus (3.6 et 3.7).

2 Pour certains cas il est possible d'utiliser le domaine relatif au lieu du domaine de fonctionnement. Il est exprimé en pourcentage du nombre maximal de canaux ou en tant que rapport entre le niveau de quantification maximal et le niveau de quantification minimal.

3.9 largeur individuelle de canal: Différence entre les centroïdes de deux niveaux adjacents de quantification du signal d'entrée, exprimée en unités du signal d'entrée, habituellement en millivolts.

NOTE – Le centroïde d'un canal correspond généralement à son milieu.

3.10 largeur de canal: Valeur moyenne de toutes les largeurs de canaux considérées individuellement.

3 Definitions and symbols

For the purpose of this International Standard, the following definitions shall apply.

3.1 number of channels: Number of addressable (by the MCA hardware) locations in the memory unit of an analyzer.

3.2 number of sub-groups: Number of parts of the MCA memory unit which are capable of autonomous storage of the information according to predetermined instructions (settings) or to a predetermined program.

3.3 number of channels in a sub-group: Number of addressable locations in the memory unit of a subgroup.

3.4 maximum number of quantization levels: Maximum number of discrete levels into which an ADC is capable of dividing an input signal according to its pulse height. Generally, one quantization level corresponds to one channel of the MCA.

3.5 channel capacity: Maximum number of events (counts) which may be recorded in a channel of the MCA.

3.6 minimum measured signal pulse height ($A_{\min}$): Pulse height of an input signal which corresponds to the minimum level from which quantization begins, when any external or adjustable discriminator is disabled or set to its minimum level.

3.7 maximum measured signal pulse height ($A_{\max}$): Pulse height of an input signal which corresponds to the maximum quantization level when a specified offset is stated and any external or adjustable discriminator is disabled or set to its maximum level.

3.8 operating range: Range of the pulse height response within which the MCA meets specifications.

NOTES

1 It is expressed as the highest and lowest values of the input signal. It is expected that the operating range is between $A_{\min}$ and $A_{\max}$ mentioned above (3.6 and 3.7).

2 For some cases, instead of the operating range the relative range may be used. It is expressed as a percentage of the maximum channel number or as the ratio of the maximum quantization level to the minimum quantization level.

3.9 individual channel width: Difference between the centroids of two adjacent quantization levels of an input signal expressed in input units, usually millivolts.

NOTE - The centroid of a channel usually corresponds to its middle.

3.10 channel width: Averaged value for all individual channel widths.

3.11 pente de conversion: Inverse de la largeur de canal, c'est-à-dire nombre de niveaux de quantification divisé par la différence des valeurs du signal d'entrée correspondante.

NOTE - On l'exprime habituellement en canaux par volt ou en canaux par millivolt.

3.12 erreur totale de largeur de canal: Quotient de l'écart entre la valeur, mesurée aux conditions de référence, de la largeur effective de canal et sa valeur de spécification, divisée par cette valeur nominale. Ce quotient est exprimé en pourcentage.

3.13 Instabilité de largeur de canal: Quotient de l'écart maximal entre la valeur, mesurée en fonctionnement continu pendant une durée d'au moins 8 h (ou de 24 h), de la largeur de canal et sa valeur moyenne, divisé par cette valeur moyenne. Ce quotient est exprimé en pourcentage.

3.14 erreur complémentaire de largeur de canal: Différence de largeur de canal due aux modifications des paramètres d'influence (température ambiante, tension d'alimentation, etc.).

NOTE - Elle est exprimée en pourcentage par variation d'unité spécifiée du paramètre considéré.

3.15 réponse en amplitude: Correspondance entre l'amplitude du signal d'entrée et le numéro de canal.

NOTE - La réponse en amplitude est, dans la plupart des cas, linéaire.

3.16 réponse en amplitude idéale: Ligne droite qui représente la réponse en amplitude dans tout le domaine de fonctionnement.

3.17 point zéro: Coordonnée du point d'intersection de la droite idéale de réponse en amplitude et de l'axe d'entrée ou de sortie, exprimée respectivement en canaux ou en unités des signaux d'entrée (par exemple en volts).

3.18 réglage du seuil canal zéro: Réglage de la position du point d'intersection effectué par l'opérateur ou exécuté par un programme de mesure.

3.19 Instabilité du point zéro: Ecart maximal du point zéro par rapport à sa valeur moyenne, mesuré pendant une période de fonctionnement continu de 8 h (ou 24 h), exprimé en unités du signal d'entrée ou en canaux (par exemple, 0,3 mV ou 0,027 canaux).

3.20 erreur complémentaire du point zéro: Variation de point zéro due aux changements des paramètres d'influence (température ambiante, tension d'alimentation, etc.).

NOTE - On l'exprime en unités du signal d'entrée par variation d'unité spécifiée dans le paramètre considéré.

3.21 non-linéarité intégrale: Ecart maximal, dans le domaine de fonctionnement, de la réponse en amplitude par rapport à la réponse en amplitude idéale. Il est exprimé en pourcentage de l'amplitude maximale ($A_{\max}$) spécifiée.

3.22 non-linéarité différentielle: Ecart maximal de la largeur individuelle de canal par rapport à sa valeur moyenne dans le domaine de fonctionnement, divisée par cette valeur moyenne. Il est exprimé en pourcentage de la largeur de canal moyen.

3.11 conversion factor: Inverse of the channel width, i.e. the number of quantization levels divided by the corresponding difference of input signal values.

NOTE – It may be expressed in channels per volt or channels per millivolt.

3.12 main error of the channel width: Deviation of the measured channel width at reference conditions from its specified value expressed as a percentage of the specified channel width.

3.13 instability of the channel width: Maximum deviation of the channel width at reference conditions from its average value measured during continuous operation for a specified period of at least 8 h (or 24 h) expressed as a percentage of the average channel width.

3.14 additional error of the channel width: Channel width difference caused by the changes in any parameter which may influence it (ambient temperature, power supply voltage, etc.).

NOTE – It is expressed in percent per specified unit variation of the stated parameter.

3.15 pulse height response: Relationship between the input signal pulse height and the channel number.

NOTE – In most cases, the pulse height response is linear.

3.16 ideal pulse height response: Straight line which represents the response over the operating range.

3.17 zero point: Co-ordinate of the intersection point of the ideal pulse height response straight line and the output or input axis, expressed respectively in channels or in the units of the input signal (e.g. volts).

3.18 offset adjustment: Adjustment of the position of the zero point caused by the operator or by the measurement program.

3.19 instability of the zero point: Maximum deviation of the zero point from its mean position measured during continuous operation for 8 h (or 24 h) which is expressed in units of the input signal or in channels (e.g. 0,3 mV or 0,027 channels).

3.20 additional error of the zero point: Zero point deviation caused by the changes of any parameter which may influence it (ambient temperature, power supply voltage, etc.).

NOTE – It is expressed in units of the input signal per specified unit variation of the stated parameter.

3.21 integral non-linearity: Maximum deviation in the operating range of the actual pulse height response from the ideal pulse height response expressed as a percentage of the maximum specified pulse height $A_{\max}$.

3.22 differential non-linearity: Maximum deviation of an individual channel width from the average value of the channel width in the operating range of the pulse height response expressed as a percentage of the average channel width.

3.23 plage de niveaux de discrimination: Intervalle entre le niveau le plus élevé et le niveau le plus bas du discriminateur intégré, à l'entrée de l'analyseur.

NOTE – L'analyseur accepte des signaux d'entrée dans la gamme d'amplitudes comprises entre les réglages des discriminateurs inférieur et supérieur.

3.24 canal modal d'un pic: Numéro de canal correspondant à la position du pic physique.

3.25 résolution relative en amplitude: Rapport, exprimé en pourcentage, de la largeur (en canaux) à mi-hauteur du pic (LMH) et de la valeur du canal modal du pic.

NOTE – Le seuil canal zéro doit pouvoir être un canal modal.

3.26 domaine de fonctionnement pour la mise en forme des impulsions: Domaines des temps de montée et de descente, des formes et des durées pour les impulsions d'entrée dans lesquelles il est possible d'effectuer des mesures à l'intérieur des limites d'erreur spécifiées.

3.27 mode de coïncidence: Dans ce mode, une impulsion (sur l'entrée coïncidente) rendra actif l'analyseur multicanal afin que celui-ci accepte un signal d'entrée sur l'entrée d'impulsion pendant toute la durée de l'impulsion coïncidente.

3.28 mode d'anticoïncidence: Dans ce mode, une impulsion (sur l'entrée coïncidente) empêchera l'analyseur multicanal d'accepter un signal d'entrée sur l'entrée d'impulsion pendant toute la durée de l'impulsion coïncidente.

3.29 «Seuil canal zéro» numérique: Nombre de canaux soustraits numériquement de la sortie du convertisseur analogique-numérique en vue de déplacer le point zéro de la réponse en amplitude.

3.30 «Seuil canal zéro» analogique: Valeur analogique soustraite du signal d'entrée du convertisseur analogique-numérique en vue de déplacer le spectre vers les bas canaux.

3.31 temps mort (temps d'occupation élémentaire): L'intervalle de temps qui suit l'acceptation de signal d'entrée et pendant lequel l'analyseur n'accepte pas de signaux d'entrée immédiatement successifs.

NOTES

1 La définition n'est pas applicable pour les analyseurs possédant des mémoires tampons en entrée et/ou des désaléateurs.

2 La définition est applicable à des événements singuliers sans empilement.

3.32 temps mort de mesure (temps d'occupation total): Somme des temps morts d'entrée pendant la durée de la mesure.

3.33 temps mort relatif (temps d'occupation relatif): Quotient du temps mort (temps d'occupation) de mesure et du temps réel écoulé, exprimé en pourcentage.

3.34 temps actif: Somme des intervalles de temps élémentaires pendant lesquels l'analyseur est sensible aux signaux d'entrée.

NOTE – Le temps actif est la différence entre le temps réel et le temps mort (d'occupation) mesuré.

3.23 range of discriminator levels: Interval between the highest and lowest levels of the built-in discriminator at the MCA input.

NOTE – The MCA accepts input signals in the amplitude range between lower and upper level discriminator settings.

3.24 modal channel: Channel number corresponding to the position of the peak.

3.25 relative pulse height resolution: Ratio of the full width (in channels) at half maximum (FWHM) of the peak to the value of the peak modal channel number, expressed in per cent.

NOTE – The modal channel number must include the offset.

3.26 operating range for pulse shape: Ranges of rise and fall time, polarity, shape and duration for input pulses within which measurements can be made with the specified error limits.

3.27 coincidence mode: In this mode a pulse (on the coincident input) will gate an MCA to accept an input signal on the pulse input for the duration of the coincident pulse.

3.28 anticoincidence mode: In this mode a pulse (on the coincident input) will inhibit an MCA to accept an input signal on the pulse input for the duration of the anticoincident pulse.

3.29 digital offset: Number of channels digitally subtracted from the ADC output in order to shift the zero point of the pulse height response.

3.30 analogue offset: Analogue value subtracted from the ADC input signal in order to shift the spectrum in the direction of the lower channel numbers.

3.31 dead time (busy time): Time interval which follows the acceptance of the input signal during which the MCA does not accept further input signals.

NOTES

- 1 The definition is not applicable for an MCA having buffer registers and/or any derandomizers.
- 2 The definition is applicable for single events without pile-up.

3.32 measurement dead time (total busy time): Sum of the dead times during the measurement time.

3.33 relative dead (busy) time: Quotient of the measurement dead time and the elapsed time expressed in per cent.

3.34 live time: Sum of the incremental time intervals during which the MCA is sensitive to input signals.

NOTE – Live time is the difference between the elapsed time and the measurement dead time.

3.35 erreur sur la correction de temps actif: Erreur introduite par l'analyseur d'amplitude multicanal en compensant les pertes d'impulsions en entrée dues au temps mort du système par une prolongation de la durée de mesure.

3.36 temps écoulé: Durée totale pendant laquelle l'analyseur est activé sur le mode d'analyse d'amplitude.

NOTE – Selon les définitions ci-dessus, le temps réel correspond à la somme du temps d'occupation et du temps actif.

3.37 pertes de comptage pendant le temps mort: Nombre de coups qui n'ont pas été acceptés (sont perdus) par l'AMC pendant le temps mort (temps d'occupation).

3.38 erreur sur la correction des pertes de comptage pendant le temps mort: Différence entre le nombre de coups dans le spectre d'un analyseur multicanaux sans temps mort et le nombre de coups dans le spectre d'un analyseur multicanaux réel, ce dernier étant corrigé pour les pertes de comptage pendant le temps mort.

3.39 débit maximal d'impulsions d'entrée (taux de comptage maximal): Débit maximal d'impulsions aléatoires (débit moyen) relatif à une distribution d'amplitudes donnée, qui n'entraîne pas le dépassement des valeurs spécifiées, par les distorsions de la distribution d'amplitudes (par exemple: déplacement de pics, variation de la résolution en amplitude).

3.40 temps de conversion: Intervalle de temps entre l'instant où le convertisseur analogique-numérique est déclenché soit par l'arrivée d'un signal d'entrée mesuré, soit par une impulsion auxiliaire, et l'instant où l'information numérique de sortie est disponible.

3.41 domaine de temps actif (de temps écoulé): Intervalle des temps minimaux et maximaux pour stockage de données.

3.42 profil de canal: Propriété d'un canal d'analyseur d'amplitude multicanaux correspondant à la forme réelle ou moyenne d'un canal (et de ses limites).

NOTE – Il est possible de décrire le profil de canal par la probabilité de comptage d'une certaine amplitude dans un certain canal.

3.43 facteur non rectangulaire de profil de canal: Valeur de mérite de l'écart profil de canal réel par rapport au profil rectangulaire.

3.44 résolution intrinsèque de l'analyseur réel: Résolution d'une distribution d'amplitudes réelle due au bruit de l'AMC (statistique et numérique) qui élargit l'amplitude de pics enregistrés à partir d'un générateur d'impulsions de précision.

3.45 capacité de traitement du système: Quotient du débit d'impulsions mémorisé et du débit d'impulsions d'entrée dans des conditions de mesure spécifiées. Ce rapport est exprimé en pourcentage.

3.46 instabilité: Différence maximale entre une mesure individuelle et la valeur moyenne lors d'une série de mesures.

3.35 live time correction error: Error introduced by the MCA in correcting the number of input pulses for losses during the dead time of the system by means of extending the measurement time.

3.36 elapsed time: Total time during which the MCA is switched on for pulse height analysis.

NOTE – From the above definitions the elapsed time is the sum of the measurement dead time and the live time.

3.37 dead time count-losses: Number of counts that were not accepted (lost) by the MCA during dead time.

3.38 dead time count-loss correction error: Difference between the number of counts in a spectrum of a dead time-free MCA and in a spectrum of an actual MCA with the latter corrected for dead time count-losses.

3.39 maximum input pulse rate (maximum input count rate): Maximum rate of random occurring pulses (mean rate) for a given pulse height distribution, which does not cause distortions of the pulse height distribution (such as shift of peaks, change of the amplitude resolution) exceeding the specified values.

3.40 conversion time: Time interval between the instant when the ADC is triggered by the occurrence either of a measured input signal or of an auxiliary pulse and the instant when the digital output data is available.

3.41 range of live time; range of elapsed time: Minimum to maximum time intervals for storage of data.

3.42 channel profile: Property of an MCA channel corresponding to the actual or mean shape of a channel (and its borders).

NOTE – The channel profile can be described by the probability of a given pulse height being counted in a certain channel.

3.43 non-rectangular factor of the channel profile: Figure of merit of a deviation of the actual channel profile from the rectangular one.

3.44 intrinsic resolution of the actual MCA: Resolution of an actual pulse height distribution caused by the MCA noise (statistical and digital) that broadens the precision generator pulse peak.

3.45 system throughput: Quotient of the stored pulse rate and the input pulse rate at specified measuring conditions, expressed in per cent.

3.46 instability: Maximum difference of an individual measurement from the mean value of a set of measurements.

3.47 Liste des définitions par ordre alphabétique

amplitude maximale mesurée ($A_{\max}$)	3.7
amplitude minimale mesurée ($A_{\min}$)	3.6
canal modal d'un pic	3.24
capacité de canal	3.5
capacité de traitement du système	3.45
débit maximal d'impulsions en entrée (taux de comptage maximal admissible)	3.39
domaine de fonctionnement	3.8
domaine de fonctionnement pour mise en forme d'impulsions	3.26
domaine de temps actif (de temps écoulé)	3.41
erreur complémentaire de largeur de canal	3.14
erreur complémentaire du point zéro	3.20
erreur sur la correction de temps actif	3.35
erreur sur la correction des pertes de comptage pendant le temps mort	3.38
erreur totale de largeur de canal	3.12
facteur non rectangulaire de profil de canal	3.43
instabilité	3.46
instabilité de largeur de canal	3.13
instabilité du point zéro	3.19
largeur de canal	3.10
largeur individuelle de canal	3.9
mode d'anticoïncidence	3.28
mode de coïncidence	3.27
nombre de canaux	3.1
nombre de canaux dans un sous-groupe	3.3
nombre de sous-groupes	3.2
nombre maximal de niveaux de quantification	3.4
non-linéarité différentielle	3.22
non-linéarité intégrale	3.21
pente de conversion	3.11
pertes de comptage pendant le temps mort	3.37
plage de niveaux de discrimination	3.23
point zéro	3.17
profil de canal	3.42
réglage du seuil canal zéro	3.18
réponse en amplitude	3.15
réponse en amplitude idéale	3.16
résolution intrinsèque de l'analyseur réel	3.44
résolution relative en amplitude	3.25
«seuil canal zéro» analogique	3.30
«seuil canal zéro» numérique	3.29
temps actif	3.34
temps de conversion	3.40
temps écoulé	3.36
temps mort (temps d'occupation élémentaire)	3.31
temps mort de mesure (temps d'occupation total)	3.32
temps mort relatif (temps d'occupation relatif)	3.33

3.47 *List of the definitions in alphabetical order*

additional error of the channel width	3.14
additional error of the zero point	3.20
analogue offset	3.30
anticoincidence mode	3.28
channel capacity	3.5
channel profile	3.42
channel width	3.10
coincidence mode	3.27
conversion factor	3.11
conversion time	3.40
dead time(busy time)	3.31
dead time count-loss correction error	3.38
dead time count-losses	3.37
differential non-linearity	3.22
digital offset	3.29
elapsed time	3.36
ideal pulse height response	3.16
individual channel width	3.9
instability	3.46
instability of the channel width	3.13
instability of the zero point	3.19
integral non-linearity	3.21
intrinsic resolution of the actual MCA	3.44
live time	3.34
live time correction error	3.35
main error of the channel width	3.12
maximum input pulse rate (maximum input count rate)	3.39
maximum measured signal pulse height ($A_{\max}$)	3.7
maximum number of quantization levels	3.4
measurement dead time (total busy time)	3.32
minimum measured signal pulse height ($A_{\min}$)	3.6
modal channel	3.24
non-rectangular factor of the channel profile	3.43
number of channels	3.1
number of channels in a sub-group	3.3
number of sub-groups	3.2
offset adjustment	3.18
operating range	3.8
operating range for pulse shape	3.26
pulse height response	3.15
range of discriminator levels	3.23
range of live time; range of elapsed time	3.41
relative dead (busy) time	3.33
relative pulse height resolution	3.25
system throughput	3.45
zero point	3.17

3.48 Symboles utilisés dans la présente norme

a	«seuil zéro» (position du point de hauteur nulle d'amplitude d'impulsion linéaire sur axe des canaux)
a_o	position de ce seuil aux conditions de référence
a_T	position de ce seuil à une certaine température (T)
a_V	position de ce seuil à une certaine tension (V)
A_i	valeur de la hauteur d'impulsion
A_o	valeur de cette hauteur aux conditions de référence
A_T	valeur de cette hauteur à une certaine température
A_V	valeur de cette hauteur à une certaine tension
$A_{\min}$	hauteur minimale mesurée de la hauteur d'impulsion
$A_{\max}$	hauteur maximale mesurée de la hauteur d'impulsion
CAN	un convertisseur analogique-numérique
b	pente (coefficient angulaire) ou facteur de conversion
ΔA	un incrément dans la valeur de hauteur d'impulsion
ΔT	une différence de température
ΔV	une différence de tension d'alimentation
NLD	non-linéarité différentielle
$(NLD)_L$	non-linéarité différentielle locale
$(NLD)_o$	valeur de cette NLD aux conditions de référence
$(NLD)_T$	valeur de cette NLD à une certaine température
$(NLD)_V$	valeur de cette NLD à une certaine tension
F_{fi}	fonction d'ajustement pour le canal numéro i
$f_{\max}$	fréquence maximale, taux de comptage, d'impulsions
LMH	largeur à mi-hauteur d'impulsion (pleine largeur)
h	index désignant le canal haut d'une région d'intérêt
H	largeur de canal de l'analyseur multicanal
H_o	valeur de cette largeur aux conditions de référence
H_S	valeur spécifiée de documentation pour cette largeur
H_T	valeur de cette largeur à une certaine température
H_V	valeur de cette largeur à une certaine tension
NLI	non-linéarité intégrale
$(NLI)_o$	valeur de cette NLI aux conditions de référence
$(NLI)_T$	valeur de cette NLI à une certaine température
$(NLI)_V$	valeur de cette NLI à une certaine tension
E/S	entrée/sortie (appareil ou système pour)

3.48 *Symbols used in this standard*

a	offset (the intersection or zero point position of the linear pulse height response and axis corresponding to the channels)
a_o	position of the zero point determined at reference conditions
a_T	position of the zero point at a certain temperature (T)
a_V	position of the zero point at a certain supply voltage (V)
A_i	value of the pulse height
A_o	value of A at reference conditions
A_T	value of A at a certain temperature
A_V	value of A at a certain supply voltage
$A_{\min}$	minimum measured signal pulse height
$A_{\max}$	maximum measured signal pulse height
ADC	an analogue-to-digital converter
b	slope (angular coefficient) or conversion factor
ΔA	an increment of the pulse height value
ΔT	temperature difference
ΔV	supply voltage difference
DNL	differential non-linearity
$(DNL)_L$	local differential non-linearity
$(DNL)_o$	value of DNL determined at reference conditions
$(DNL)_T$	value of DNL at a certain temperature
$(DNL)_V$	value of DNL at a certain supply voltage
F_{fi}	fitted function value for channel i
$f_{\max}$	maximum frequency, pulse rate (count rate)
FWHM	full width at half maximum
h	usually an index corresponding to the higher channel number of the region of interest
H	channel width of the MCA
H_o	channel width determined at reference conditions
H_S	channel width specified in the MCA documentation
H_T	channel width at a certain temperature
H_V	channel width at a certain supply voltage
INL	integral non-linearity
$(INL)_o$	value of INL determined at reference conditions
$(INL)_T$	value of INL at a certain temperature
$(INL)_V$	value of INL at a certain supply voltage
I/O	input/output

L	niveau de confiance
I	index désignant le canal bas d'une région d'intérêt
M	nombre total de canaux utilisés dans un AMC
m	numéro de canal
AMC	analyseur multicanal (d'amplitudes d'impulsions)
n	nombre de mesures
$\bar{N}$	nombre moyen de coups par canal dans une région
N	nombre de coups dans un canal
N_i	nombre net des coups dans un canal (hors parasites)
$N_{\max}$	nombre de coups maximal dans un pic
R_i	valeur additionnelle (la différence première)
r_i	autre valeur additionnelle (différence seconde)
σ	écart type statistique (au sens classique)
T_d	temps d'attente
t_d	temps mort
T_h	capacité de traitement du système
U_n	tension de bruit moyenne du signal carré
V	valeur nominale de la tension d'alimentation

4 Caractéristiques des AMC

4.1 La présente norme s'applique uniquement aux analyseurs d'amplitude multicanaux pour les signaux d'impulsion, y compris des analyseurs pour spectrométrie de rayonnements ionisants pouvant être utilisés avec des détecteurs à scintillation, semi-conducteurs ou des détecteurs à gaz.

Habituellement, l'utilisateur de l'analyseur détermine le nombre de canaux nécessaires selon le type du détecteur utilisé et selon la nature de la fonction à effectuer.

4.2 Les analyseurs d'amplitude multicanaux peuvent comporter des modes d'analyses complémentaires qui ne sont pas directement liés à l'analyse d'amplitude:

- moyenne statistique de signaux répétés pour l'amélioration du rapport signal à bruit;
- analyse des corrélations;
- échantillonnage de signal analogique continu;
- analyse de la distribution temporelle des caractéristiques de signaux;
- spectrométrie de temps de vol;
- multiéchelle (enregistrement de l'effet Mossbauer, enregistrement de l'intensité de rayonnement d'une décroissance radioactive);
- comptage des impulsions à intervalles de temps successifs;
- comptage des impulsions en provenance de plusieurs détecteurs dans différents sous-groupes de la mémoire, (acheminement), etc.

L	confidence level
I	usually an index corresponding to the lower channel number of the region of interest
M	total number of MCA channels used in pulse height analysis mode
m	channel number
MCA	multichannel pulse height analyzer
n	number of measurements
$\bar{N}$	average number of counts per channel for a chosen region
N	number of counts in a channel
N_i	net counts in channel m_i
$N_{\max}$	maximum channel contents in the peak
R_i	additional value (the first difference)
r_i	another additional value (the second difference)
σ	statistical standard deviation
T_d	delay time
t_d	dead time
T_h	system throughput
U_n	mean square noise voltage
V	nominal value of the mains voltage

4 Characteristics of MCAs

4.1 This standard is applicable only to MCAs for pulse signals, including analyzers for ionizing radiation spectrometry that can be used with scintillation, semiconductor or gas-filled detectors.

Usually the user of the analyzer determines the number of channels required according to the type of the detector used and the task that has to be solved.

4.2 MCAs may have additional analysis modes which are not connected directly with the pulse height analysis, for example:

- statistical averaging of repeated signals for improvement of signal-to-noise ratio;
- correlation analysis;
- continuous analogue signal sampling;
- time distribution analysis of the characteristics of signals;
- time-of-flight spectrometry;
- pulse counting in successive intervals of time (recording of Mossbauer effect, recording of radiation intensity of a radioactive decay);
- multichannel scaling;
- pulse counting from several detectors to different sub-groups of the memory unit.

4.3 La liste des caractéristiques relatives aux analyseurs d'amplitude multicanaux est donnée dans le tableau 1.

Tableau 1

Caractéristiques	Prescription de spécification
1) Nombre de canaux de mémoire et nombre de sous-groupes de mémoire	+
2) Capacité de canal (nombre maximal de coups par canal)	+
3) Nombre maximal de niveaux de quantification (pour l'analyse d'amplitude)	+
4) Amplitude de signal minimale mesurée, amplitude de signal maximale mesurée	+
5) Domaine de fonctionnement	+
6) Largeur de canal	+
7) Erreur totale de la largeur de canal	(+)
8) Instabilité de la largeur de canal	+
9) Erreur complémentaire de la largeur de canal	+
10) Seuil canal zéro analogique réglable	(+)
11) Seuil canal zéro numérique réglable	+
12) Instabilité du point zéro	+
13) Erreur complémentaire du point zéro	+
14) Non-linéarité différentielle	+
15) Non-linéarité intégrale	+
16) Plages de niveaux de discrimination	(+)
17) Domaine de fonctionnement pour la forme de l'impulsion ou la largeur à mi-hauteur	+
18) Mode de coïncidence/anticoïncidence	(+)
19) Temps d'occupation d'entrée (durée de temps mort)	+
20) Mode de temps actif	(+)
21) Résolution intrinsèque ou bruit	(+)
22) Erreur de correction sur le temps actif	(+)
23) Débit maximal d'impulsions d'entrée	+
24) Domaine de temps actif ou de temps écoulé	+
25) Temps de conversion	+
26) Correction perte de comptage en temps réel	(+)
NOTE – Les symboles de désignation des paramètres figurant dans le tableau 1 ont la signification suivante: + est une caractéristique dont la mention est obligatoire; (+) est une caractéristique dont la mention est facultative.	

4.4 Les valeurs de paramètres obtenues selon les techniques utilisées pour les différents types d'analyseurs d'amplitude multicanaux sont indiquées en annexe A. Ces valeurs reflètent les exigences actuelles de la plupart des utilisateurs.

5 Prescriptions techniques

5.1 Le nombre de canaux et le nombre maximal de niveaux de quantification doivent être choisis entre quelques centaines et plusieurs milliers.

5.2 Le nombre de sous-groupes dans la mémoire doit être normalement choisi dans la série des nombres $S = 2^n$, où n est un entier positif ou nul.

4.3 Characteristics for MCAs are listed in table 1.

Table 1

Characteristics	Specification requirements
1) Number of memory channels and number of memory sub-groups	+
2) Channel capacity (maximum number of counts per channel)	+
3) Maximum number of quantization levels for pulse height analysis	+
4) Minimum and maximum measured signal pulse height	+
5) Operating range	+
6) Channel width	+
7) Main error of the channel width	(+)
8) Instability of the channel width	+
9) Additional error of the channel width	+
10) Adjustable analogue offset	(+)
11) Adjustable digital offset	+
12) Instability of the zero point	+
13) Additional error of the zero point	+
14) Differential non-linearity	+
15) Integral non-linearity	+
16) Ranges of discriminator levels	(+)
17) Operating range for pulse shape or pulse width at half pulse height	+
18) Coincidence/anticoincidence mode	(+)
19) Input busy time (dead time duration)	+
20) Live time mode	(+)
21) Intrinsic resolution or noise	(+)
22) Live time correction error	(+)
23) Maximum input pulse rate	+
24) Range of live or elapsed time	+
25) Conversion time	+
26) Real time count-loss correction	(+)
NOTE – Symbols of parameter designation listed in table 1 denote the following: + is a mandatory characteristic; (+) is an optional characteristic.	

4.4 In annex A, the technically based values of parameters for MCAs of different types are given. These values reflect modern demands of most of the users.

5 Technical requirements

5.1 The number of channels and the maximum number of quantization levels shall be chosen between a few hundreds and several thousands.

5.2 The number of sub-groups in the memory unit shall usually be chosen from the series of numbers $S = 2^n$, where n is a positive integer or zero.

5.3 La capacité de canal doit être choisie dans les séries de nombres exprimés comme suit:

- code binaire $N_{\max} = 2^k - 1$, où k est un entier positif;
- code décimal $N_{\max} = 10^n - 1$, où n est un entier positif.

5.4 L'amplitude de signal maximale mesurée (voir 3.7) à l'entrée du convertisseur analogique-numérique ne doit pas dépasser 10 V.

6 Généralités

6.1 Les paramètres à essayer et l'ordre dans lequel les essais doivent être effectués doivent être spécifiés dans la documentation technique relative à l'analyseur soumis à l'essai. Les caractéristiques de tous les instruments utilisés dans l'essai (générateurs, icomètres, échelles de comptage, mélangeurs linéaires, sources radioactives, détecteurs, etc.) doivent être fournies avec les résultats de mesures.

Il convient également que les dérives simultanément possibles des zéros et gains des instruments utilisés dans l'essai soient analysés vis-à-vis de leur contribution de cause d'erreur dans les résultats de mesurages.

6.2 Après le temps d'échauffement préalable*, l'analyseur doit être réglé conformément aux prescriptions du manuel; à la suite de quoi, il est possible de commencer l'essai. Si, au cours d'une mesure, il est nécessaire d'effectuer un (des) réglage(s) autre(s) que ceux dont on dispose normalement pour le fonctionnement de l'appareil, on arrête l'appareil et on le laisse refroidir. L'appareil est ensuite remis sous tension et, après le temps de mise en route préalable, on recommence l'essai depuis le début.

6.3 Les mesures de tout paramètre, de son erreur totale et de son instabilité doivent être effectuées dans les conditions de référence suivantes:

- la forme de l'impulsion doit être spécifiée;
- la largeur de canal minimale doit être utilisée. Lorsque la taille de la mémoire est inférieure au nombre de niveaux de quantification, il convient d'utiliser le seuil de canal zéro numérique de l'analyseur;
- les conditions climatiques sont conformes aux prescriptions de la CEI 721-3-3, tableau 1, classe 3K3;
- l'étendue des variations de tension autour de la valeur nominale V doit rester inférieure à 1 %.

Lors des mesures de l'instabilité, il est nécessaire d'effectuer au moins dix mesures, à des intervalles de temps égaux.

A l'issue de chaque essai, les valeurs des paramètres doivent être reproductibles dans les limites de la précision spécifiée.

Toutes les données indiquées doivent correspondre à des conditions d'équilibre, sauf indication contraire clairement spécifiée.

* Le temps d'échauffement préalable est un intervalle de temps qui s'écoule entre le moment de mise en route de l'appareil et le moment où l'analyseur, placé dans les conditions assignées, commence à satisfaire aux spécifications.

5.3 Channel capacity shall be chosen from the series of numbers expressed:

- in a binary code as $N_{\max} = 2^k - 1$, where k is a positive integer;
- in a decimal code as $N_{\max} = 10^n - 1$, where n is a positive integer.

5.4 The maximum measured signal pulse height (see 3.7) at the ADC input shall not exceed 10 V.

6 General

6.1 The parameters to be tested and the sequence of the tests are to be specified in the technical documentation of the MCA under test. The characteristics of all instruments used in the test (generators, ratemeters, scalars, mixers, radioactive sources, detectors, etc.) shall be given in the measurement results.

Both possible zero and gain shifts of the instruments used in the test should be analyzed for error contribution in the results of measurements.

6.2 After the warm-up time*, the MCA shall be adjusted in accordance with the manual and after that the testing can be started. If any adjustments are made during a measurement other than those usually associated with the operation of the MCA, the instrument shall be switched off and allowed to cool. Then it is switched on and after the warm-up time the test is restarted from the beginning.

6.3 The measurement of any parameter value, its error and instability shall be carried out under the following reference conditions:

- the pulse shape shall be specified;
- the minimum channel width available shall be used. Where the memory size is less than the number of quantization levels, the MCA digital offset should be used;
- climatic conditions are in accordance with IEC 721-3-3, table 1, class 3K3;
- the tolerance of nominal voltage V of the mains power supply should be within 1 %.

In instability measurements, not less than ten measurements shall be made at equal time intervals.

The values of the parameters shall be reproducible within the specified precision after any and all of the tests have been carried out.

All data reported shall correspond to equilibrium conditions, unless otherwise noted.

* Warm-up time is an interval of time between the moment of switching on the MCA and the moment when it begins to meet specifications in the rated conditions.

Toutes les mesures doivent être effectuées et consignées conformément à la méthode scientifique appropriée. Aucune modification des composants du système d'essai (par exemple, remplacement d'un préamplificateur ou d'un détecteur, par un préamplificateur ou par un détecteur différent) ni aucune modification des paramètres du système (par exemple modification du gain, du seuil zéro ou du réglage d'un discriminateur) ne doit être tolérée sans un nouvel étalonnage complet du système.

Des expressions de résultats incluant les effets de variations sur plus d'un paramètre doivent mettre explicitement en évidence les effets de chaque paramètre sur la mesure.

6.4 Il convient d'effectuer la mesure relative aux erreurs complémentaires conformément à la procédure d'essai spécifiée par la présente norme.

6.4.1 *Erreur complémentaire (variation) due aux changements de tension d'alimentation, aux conditions spécifiées de température*

Les mesures sont effectuées dans l'ordre suivant:

- a) il convient d'effectuer les mesures relatives aux caractéristiques de l'analyseur (AMC), après le temps de mise en route préalable aux conditions de référence;
- b) la tension d'alimentation doit être augmentée de 10 % par rapport à la valeur nominale. Les mesures doivent commencer après un temps suffisant pour que les instruments atteignent un état d'équilibre de sorte que les variations ultérieures aient un effet négligeable sur la détermination de l'erreur;
- c) la tension d'alimentation est réduite de 10 % par rapport à la valeur nominale et les mesures doivent commencer après un temps suffisant pour effectuer les mesures nécessaires.

NOTE – Si un analyseur doit être utilisé dans un réacteur nucléaire à des fins de contrôle de processus, il convient de faire un test additionnel avec une réduction de 20 % de la tension d'alimentation.

L'erreur complémentaire est habituellement exprimée en quotient du changement en pourcentage ou en parties par million, du paramètre mesuré par le changement relatif de la tension du réseau, par exemple [% par %] ou [ppm par 10 %].

6.4.2 *Erreur complémentaire (variation) due aux variations de température, aux conditions spécifiées de tension d'alimentation*

Il convient de recueillir les données relatives au générateur d'impulsions aux limites supérieure et inférieure de la plage du gain de conversion, à une faible température de fonctionnement et à une température de fonctionnement élevée. La tension d'alimentation doit être fixée à sa valeur nominale.

- a) L'analyseur doit être placé dans une enceinte climatique dans laquelle la température est égale à 20 °C; il doit être mis en route et les mesures doivent être effectuées après le temps d'échauffement préalable. La température dans l'enceinte doit être portée à 35 °C et maintenue constante avec une tolérance de ± 2 °C pendant un temps suffisant pour permettre à l'équipement de se stabiliser. La mesure est alors effectuée.
- b) Deux mesures doivent être effectuées, similaires à celles prescrites à l'alinéa a) du présent paragraphe, sauf que la température est, dans ce cas, réduite à 5 °C.

L'erreur complémentaire est déterminée à partir de la variation de la valeur du paramètre à mesurer.

All measurements shall be made and reported in accordance with proper scientific practice. No changes in test system components (e.g. substituting a generator, a pre-amplifier or a detector) or changes in system parameters (e.g. changing gain, discriminator setting or offset) shall be made without complete system recalibration.

Results which contain the effects of changing more than one parameter shall explicitly show the effects of each parameter on the measurement.

6.4 The measurement of additional errors should be made according to the test procedure of this standard.

6.4.1 *Additional error (variance) due to the changes of the supply voltage at reference temperature conditions*

The measurements are made in the following order:

- a) the measurements of the MCA characteristics shall be made after the warm-up time at reference conditions;
- b) supply voltage shall be increased to 10 % above the nominal value. The measurements shall be started after the time sufficient for the instrument to reach equilibrium conditions so that further variations should have negligible effect on the determination of the error;
- c) supply voltage shall be decreased to 10 % below the nominal value and the measurements shall be started after time sufficient to carry out the needed measurements.

NOTE – When an MCA is to be used at a nuclear power plant for process control purposes, an additional test should be made at a 20 % voltage decrease.

The additional error is usually expressed as a quotient of the change in per cent or parts per million of the measured parameter and the relative change of the mains voltage, e.g. [% per %] or [ppm per 10 %].

6.4.2 *Additional error (variance) due to temperature changes at reference conditions supply voltage*

The data should be collected at both the lower and upper ends of the conversion gain range at a low and a high operating temperature. The mains power supply voltage shall be set at its nominal value.

- a) The MCA shall be placed in a climatic (weather) chamber in which the temperature is equal to 20 °C; it shall be switched on and after the warm-up time the measurements shall be made. The temperature in the chamber shall be increased to 35 °C and maintained constant with the tolerance of ± 2 °C for a sufficient time to permit the MCA to reach equilibrium. The measurement is then made.
- b) Two similar measurements shall be made as in item a) of this subclause, except that at the second measurement the temperature is lowered to 5 °C.

The additional error is determined from the change of the value of the parameter to be measured.

Cette erreur est classiquement exprimée en pourcentage de variation de la valeur du paramètre à mesurer, rapportée à 1 °C [% par °C].

NOTES

1 Si la limite supérieure de la plage de température de fonctionnement dépasse la température maximale d'essai (35 °C) de plus de 20 °C, ou si la limite inférieure de la plage de température de fonctionnement est inférieure de plus de 20 °C à la température minimale d'essai (5 °C), il convient alors d'effectuer l'essai par paliers de 10 °C, depuis la température minimale jusqu'à la température maximale. La valeur consignée est la variation maximale du paramètre mesuré pour tout palier de 10 °C, exprimée comme la variation par unité de température.

2 Il convient de spécifier le taux maximal autorisé pour les variations de température dans la documentation technique de l'analyseur.

3 Si un analyseur doit être utilisé dans un réacteur nucléaire à des fins de contrôle de processus, il convient qu'un essai additionnel soit effectué à une température de 55 °C.

7 Méthodes d'essai

7.1 Amplitudes de signal minimale et maximale mesurées

7.1.1 Appareillage

- a) Un générateur d'impulsions de précision présentant les caractéristiques suivantes:
 - l'amplitude d'une impulsion de sortie doit être réglable entre les limites minimale et maximale mesurées du signal, en tenant compte de l'erreur sur ces valeurs, l'impédance de sortie du générateur et l'impédance d'entrée de l'analyseur;
 - l'erreur de réglage de l'amplitude doit être assez faible pour ne pas influencer sur le paramètre à mesurer;
 - la forme des impulsions de sortie doit être conforme aux spécifications de l'analyseur soumis à l'essai;
 - le taux de répétition des impulsions doit être réglé de manière à ne pas dépasser environ 1/100 du taux de comptage maximal d'entrée spécifié pour l'analyseur essayé.
- b) Un icromètre (séquenceur et horloge);
- c) Un mélangeur linéaire à deux entrées présentant les caractéristiques suivantes:
 - deux entrées;
 - la largeur de bande doit couvrir toute la gamme allant de quelques hertz à quelques mégahertz;
 - la non-linéarité et l'instabilité du mélangeur ne doivent pas contribuer de manière notable à l'erreur du paramètre mesuré; dans le cas contraire, il convient de noter leur influence sur les données de mesure.
- d) Un générateur de bruit qui élargit le pic du générateur d'au moins 10 canaux et présentant les caractéristiques suivantes:
 - la largeur de bande doit couvrir toute la gamme allant de quelques hertz à quelques mégahertz;
 - la valeur efficace de la tension de bruit de sortie doit être réglable, de quelques millivolts à quelques volts;
 - l'instabilité du paramètre statistique de bruit ne doit pas influencer de façon significative la forme du pic.

The additional error is usually expressed as a change of the measured parameter in per cent and related to 1 °C [% per °C].

NOTES

- 1 If the upper limit of the operating temperature range for the MCA under test is more than 20 °C above the test (35 °C) or the lower limit of the operating temperature is more than 20 °C below the test minimum (5 °C), then the test should be carried out in 10 °C increments from the minimum to the maximum. The reported value is the maximum change of the measured parameter for any 10 °C increment expressed as change per unit temperature.
- 2 Maximum permissible rate of temperature changes should be specified in the technical documentation of the MCA.
- 3 When an MCA is to be used at a nuclear power plant for process control purposes an additional test should be made at 55 °C.

7 Test methods

7.1 Minimum and maximum measured signal pulse heights

7.1.1 Apparatus

- a) A precision pulse generator with the following characteristics:
 - the output pulse height shall be adjustable from minimum to maximum values of measured signal pulse height taking into account the error of these values and the output impedance of the generator and the input impedance of the analyzer's ADC;
 - the error of the pulse height setting shall be sufficiently small so as not to affect the parameter to be measured;
 - the shape of output pulses shall be in accordance with the specifications of the MCA under test;
 - the pulse repetition rate shall be adjustable so that it could be set at about 1/100 of the maximum specified input count rate of the MCA under test.
- b) A ratemeter (a scaler and a timer);
- c) A linear two input mixer with the following characteristics:
 - two inputs;
 - the bandwidth shall cover the range of a few hertz to a few megahertz;
 - the non-linearity and instability of the mixer shall not noticeably contribute to the error of the measured parameter or else their influence on the measurement data should be stated.
- d) A noise generator which broadens the generator peak by at least 10 channels with the following characteristics:
 - the bandwidth shall cover the range from a few hertz to a few megahertz;
 - the output r.m.s. noise voltage value shall be adjustable from a few millivolts to a few volts;
 - the instability of the statistical parameter of noise shall not significantly influence the peak shape.

7.1.2 Préparation de l'essai

Le schéma électrique du montage d'essai est illustré à la figure 1. Les entrées et les sorties correspondantes sont connectées par un câble coaxial convenable dont la longueur ne doit pas affecter les résultats des mesures.

L'ictomètre est connecté à la sortie d'un convertisseur analogique-numérique (CAN) qui indique les impulsions acceptées.

Toutes les mesures sont effectuées aux conditions de référence.

7.1.3 Mode opératoire

Le taux de répétition des impulsions produites par le générateur d'impulsions de précision a été préalablement mesuré à l'aide de l'ictomètre.

Le niveau de bruit est ajusté pour que les pics d'impulsions soient étendus sur quelques canaux de part et d'autre du voisinage du milieu de la gamme de fonctionnement.

L'analyseur est branché sur le mode d'analyse d'amplitude.

Les seuils de discrimination sont réglés de manière à admettre la gamme complète de mesure des amplitudes.

On fait croître l'amplitude de l'impulsion produite par le générateur de précision à partir de sa valeur la plus faible, jusqu'à ce que la fréquence des impulsions acceptées par l'AMC soit égale à 50 % de la fréquence du générateur. L'amplitude $A_{\min}$ correspondante est déterminée.

Après le réglage de la valeur seuil canal zéro spécifiée par le fabricant, l'amplitude est augmentée jusqu'à ce que la fréquence des impulsions acceptées par l'AMC tombe à 50 % de la sortie du générateur d'impulsions. Cette amplitude $A_{\max}$ correspond au niveau de signal maximal mesuré.

7.1.4 Traitement des données de mesure

Afin de déterminer les amplitudes d'impulsions d'entrée correspondant aux seuils de réponse $A_{\min}$ et $A_{\max}$, il est nécessaire de tenir compte de l'impédance d'entrée de l'analyseur et de l'impédance de sortie du mélangeur.

NOTE - Si l'impédance de l'AMC excède l'impédance du mélangeur de plus d'un facteur de 100 fois, ces dispositions ne sont pas nécessaires.

7.1.5 Instabilité de l'amplitude mesurée

L'instabilité de l'amplitude mesurée est déterminée par la relation suivante:

$$\pm 100 \frac{|A_{\max i} - \bar{A}_{\max}|}{\bar{A}_{\max}}$$

où

$A_{\max i}$ est la valeur de l'amplitude A mesurée pendant la période de fonctionnement continu de l'analyseur (excepté le temps d'échauffement préalable), à laquelle la valeur absolue de la différence ($|A_{\max i} - \bar{A}_{\max}|$) est maximale;

$\bar{A}_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n A_{\max j}$ est la valeur moyenne de $A_{\max j}$;

n est le nombre de mesures (voir 6.3).

7.1.2 Preparation for the test

The circuit diagram of the test set-up is shown in figure 1. The corresponding inputs and outputs are connected by a suitable coaxial cable of a length which shall not affect the measurement results.

The ratemeter is connected to an ADC output which indicates pulses accepted.

All measurements are provided at reference conditions.

7.1.3 Test procedure

The pulse repetition rate of the precision pulse generator was measured previously by the ratemeter.

The noise level is adjusted so that the peak of the pulses would occupy a few channels near the middle of the operating range.

The MCA is switched to the pulse height analysis mode.

The discriminator thresholds are set to allow the full pulse height measurement range.

The pulse height from the precision pulse generator is increased from its lowest level until the frequency of pulses accepted by the MCA equals 50 % of the generator frequency. So the corresponding pulse height $A_{\min}$ is determined.

After setting the offset value specified by the manufacturer, the pulse height is increased until the frequency of the MCA accepted pulses falls to 50 % of the pulse generator output. This pulse height $A_{\max}$ corresponds to the maximum measured signal level.

7.1.4 Processing of measured data

In order to determine the input pulse heights which correspond to the response thresholds $A_{\min}$ and $A_{\max}$, it is necessary to take into account the input impedance of the MCA and the output impedance of the mixer.

NOTE – If the input impedance of the MCA exceeds the output impedance of the mixer by more than a factor of 100 these provisions are not necessary.

7.1.5 Instability of the measured pulse height

Instability of the maximum measured pulse height, expressed as a percentage, is determined as:

$$\pm 100 \frac{|A_{\max i} - \bar{A}_{\max}|}{\bar{A}_{\max}}$$

where

$A_{\max i}$ is the value of the pulse height A measured during the continuous operation period of the MCA (excluding the warm-up time) at which the absolute value of the difference ($|A_{\max i} - \bar{A}_{\max}|$) reaches its maximum;

$\bar{A}_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n A_{\max j}$ is the mean value of $A_{\max j}$;

n is the number of measurements (see 6.3).

Pendant la procédure de mesure, on relève une série de résultats:

$A_{\max 1}, A_{\max 2} \dots A_{\max n}$. Après avoir calculé la valeur moyenne $\bar{A}_{\max}$, on détermine les différences: $A_{\max 1} - \bar{A}_{\max}, A_{\max 2} - \bar{A}_{\max} \dots A_{\max n} - \bar{A}_{\max}$ et la plus grande est employée dans la formule. La même procédure est utilisée pour déterminer la valeur minimale de la hauteur d'impulsion.

7.1.6 Erreur complémentaire sur l'amplitude mesurée due aux variations de température

L'erreur complémentaire sur l'amplitude mesurée due aux variations de température est déterminée comme suit:

$$\pm 100 \frac{|A_{T\max} - A_{o\max}|}{A_o \Delta T}$$

où

$A_{T\max}$ est la valeur de A à la température à laquelle la valeur absolue de la différence ($|A_{T\max} - A_{o\max}|$) est maximale;

ΔT est la différence de température à laquelle A_T a été mesurée;

$A_{o\max}$ est la hauteur maximale mesurée d'impulsion du générateur fonctionnant aux conditions de référence.

La même procédure est utilisée pour déterminer l'erreur complémentaire sur l'amplitude minimale.

7.1.7 Erreur complémentaire sur l'amplitude mesurée due aux variations de tension d'alimentation

L'erreur complémentaire sur l'amplitude mesurée due aux variations de tension d'alimentation ΔV est déterminée comme suit:

$$\pm \frac{|A_{V\max} - A_{o\max}|}{A_{o\max}} / \frac{\Delta V}{V}$$

où

$A_{V\max}$ est la valeur de $A_{\max}$ à la tension d'alimentation à laquelle la valeur absolue de la différence ($|A_{V\max} - A_{o\max}|$) est maximale;

$A_{o\max}$ est déterminée comme au 7.1.6;

V est la valeur nominale de la tension du réseau;

$\frac{\Delta V}{V}$ est le changement relatif de tension pour lequel $A_{V\max}$ a été mesuré.

La même procédure est utilisée pour déterminer l'erreur complémentaire sur l'amplitude minimale.

7.2 Largeur du canal

La largeur du canal est habituellement déduite de la réponse en amplitude idéale.

7.2.1 Appareillage

- Un générateur d'impulsions de précision (voir 7.1.1 a).
- Un générateur de bruit (voir 7.1.1 d).
- Un mélangeur linéaire (voir 7.1.1 c).
- Un dispositif d'entrée/sortie approprié.

During the measurement procedure one collects a series of results:

$A_{\max 1}, A_{\max 2} \dots A_{\max n}$. After calculating the mean value $\bar{A}_{\max}$, the differences are determined: $A_{\max 1} - \bar{A}_{\max}, A_{\max 2} - \bar{A}_{\max} \dots A_{\max n} - \bar{A}_{\max}$ and the maximum one is used in the formula. The same procedure is used to determine the minimum measured pulse height.

7.1.6 Additional error of the measured pulse height due to temperature changes

The additional error of the maximum measured pulse height due to temperature changes is determined as:

$$\pm 100 \frac{|A_{T\max} - A_{o\max}|}{A_o \Delta T}$$

where

$A_{T\max}$ is the value of A at that temperature at which the absolute value of the difference ($|A_{T\max} - A_{o\max}|$) reaches its maximum;

ΔT is the temperature difference at which A_T was measured;

$A_{o\max}$ is the maximum measured pulse height of the generator's signal measured at reference conditions.

The same procedure is used to determine the additional error of the minimum measured pulse height.

7.1.7 Additional error of the measured pulse height due to supply voltage changes

The additional error of the maximum measured pulse height due to supply voltage changes ΔV is determined as:

$$\pm \frac{|A_{V\max} - A_{o\max}|}{A_{o\max}} / \frac{\Delta V}{V}$$

where

$A_{V\max}$ is the value of $A_{\max}$ at that supply voltage change for which the absolute value of the difference ($|A_{V\max} - A_{o\max}|$) reaches its maximum;

$A_{o\max}$ is determined in the same way as in 7.1.6;

V is the nominal value of the mains voltage;

$\frac{\Delta V}{V}$ is the relative voltage change at which $A_{V\max}$ was measured.

The same procedure is used to determine the additional error of the minimum measured pulse height.

7.2 Channel width

The channel width is usually derived from the ideal pulse height response.

7.2.1 Apparatus

- A precision pulse generator (see 7.1.1 a).
- A noise generator (see 7.1.1 d).
- A linear mixer (see 7.1.1 c).
- A suitable I/O device.

7.2.2 Préparation de l'essai

Le schéma électrique d'un montage d'essai est illustré à la figure 2.

La sortie du générateur d'impulsions de précision et la sortie du générateur de bruit sont connectées à l'entrée de l'analyseur par l'intermédiaire du mélangeur linéaire. Toutes les mesures sont réalisées dans les conditions de référence.

7.2.3 Mode opératoire

L'analyseur est branché sur le mode analyse d'amplitudes. Le seuil zéro du CAN est réglé à 0 ou à son minimum. L'essai est effectué sur toute l'étendue de mesure des amplitudes.

La valeur exacte (A_p) d'une amplitude à l'entrée de l'analyseur et le numéro m_p du canal correspondant à cette amplitude sont déterminés en tenant compte des impédances de sortie des générateurs et du mélangeur linéaire, de l'impédance d'entrée du mélangeur et de l'analyseur ainsi que du facteur de transmission de l'atténuation ou de l'amplification du mélangeur.

Le générateur de bruit est mis en route. Il convient de prendre soin d'éviter que les paramètres statistiques (tension de sortie efficace et bande passante) du générateur de bruit et du mélangeur linéaire ne détruisent la symétrie du pic.

En réglant la tension de sortie du générateur de bruit, la largeur du pic est réglée de sorte qu'environ dix canaux se situent au niveau $0,1 N_{\max}$ (ou au moins 5 canaux à $0,5 N_{\max}$), où $N_{\max}$ représente le contenu de canal maximal dans le pic.

Si cela s'avère nécessaire, il est possible d'utiliser un nombre inférieur de canaux, mais dans ce cas, le nombre doit figurer dans la documentation relative à l'analyseur.

Une série de mesures est effectuée dans tout le domaine de fonctionnement afin de pouvoir mémoriser nominalement 20 pics uniformément distribués, correspondants aux hauteurs d'impulsions respectivement égales à $A_{p1}, A_{p2}, \dots, A_{p20}$.

Ces pics sont générés en modifiant l'amplitude de sortie du générateur et en mémorisant ces impulsions dans l'analyseur. Pour certains types d'analyseurs, le nombre de pics doit être indiqué dans leur documentation.

7.2.4 Traitement des données de mesure

La largeur de canal est déterminée comme la pente de la droite correspondant à la méthode des moindres carrés d'une régression linéaire appliquée aux points de données (nombres de canaux de la position de pic en fonction des amplitudes), avec le même poids pour toutes les mesures. En conséquence, la relation entre la position de pic (m_{pi}) et l'amplitude du générateur (A_{pi}) est déterminée par la relation suivante:

$$m_{pi} = a + bA_{pi}$$

où

a est le seuil canal zéro;

b est la pente de conversion ou le coefficient angulaire.

La largeur moyenne calculée de canal H est égale à $1/b$, c'est-à-dire $H = 1/b$, et est exprimée en volts par canal (ou en millivolts par canal).

Les méthodes recommandées pour déterminer la position de pic sont données en annexe B.

7.2.2 Preparation for the test

The circuit diagram of the test set-up is given in figure 2.

The precision pulse generator output and the noise generator output are connected to the MCA input via the linear mixer. All measurements are provided at reference conditions.

7.2.3 Test procedure

The MCA is switched to the pulse height mode. Set the ADC offset to zero (0) or its minimum. The test is carried out at the full pulse height measurement range.

The exact value of a pulse height at the MCA input (A_p) and the channel number m_p corresponding to this pulse height are determined, taking into account the output impedances of the generators and the linear mixer, the input impedance of the mixer and the MCA as well as the transmission factor of the mixer attenuation or amplification.

The noise generator is switched on. Care should be taken that the statistical parameters (r.m.s. output voltage and bandwidth) of the noise generator and the linear mixer do not distort the symmetric peak.

By means of adjusting the noise generator output voltage the width of the peak is set so that there are approximately 10 channels at $0,1 N_{\max}$ (or at least five channels at $0,5 N_{\max}$), where $N_{\max}$ is the maximum channel contents in the peak.

If necessary, a smaller number of channels may be used, but in that case the number shall be stated in the MCA documentation.

A series of measurements is to be made in the whole specified operating range so that nominally 20 uniformly distributed peaks are stored, that corresponds to pulse heights $A_{p1}, A_{p2} \dots A_{p20}$.

These peaks are set up by changing the output pulse height of the generator and storing these pulses in the MCA. For certain types of MCAs the number of peaks shall be stated in their documentation.

7.2.4 Processing of measured data

The channel width is determined as the slope of the straight line corresponding to a linear regression least squares fit to the data point (channel numbers of peak position, pulse heights) with the same statistical weight for all measurements. As a result the relationship between the peak position (m_{pi}) and the generator pulse height (A_{pi}) is determined as:

$$m_{pi} = a + bA_{pi}$$

where

a is the offset determined from the measurements;

b is the slope (angular coefficient) or the conversion factor.

The computed channel width H equals $1/b$, i.e. $H = 1/b$, and is expressed in volts per channel (or mV/ch).

The recommended methods to determine the peak position are given in annex B.

7.2.5 Erreur principale de largeur de canal

L'erreur principale de largeur de canal, exprimée en pourcentage, est déterminée comme suit:

$$\pm 100 \frac{|H - H_s|}{H_s}$$

où

H_s est la valeur de la largeur de canal spécifiée dans la documentation.

7.2.6 Instabilité de largeur de canal

L'instabilité de largeur de canal, exprimée en pourcentage, est déterminée comme suit:

$$\pm 100 \frac{|H_i - \bar{H}|}{\bar{H}}$$

où

H_i est la valeur du canal H mesurée pendant la période de fonctionnement continu de l'analyseur (le temps d'échauffement préalable n'étant pas inclus) pour laquelle la valeur absolue de la différence ($|H_i - \bar{H}|$) est maximale.

$\bar{H} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n H_j$ est la valeur moyenne de H_j ;

n est le nombre de mesures (voir 6.3).

7.2.7 Erreur complémentaire de largeur de canal due aux variations de température

L'erreur complémentaire de largeur de canal due aux variations de température, exprimée en pourcentage, est déterminée comme suit:

$$\pm 100 \frac{|H_T - H_o|}{H} / \Delta T$$

où

H_T est la valeur de la largeur de canal à la température pour laquelle la valeur absolue de la différence ($|H_T - H|$) est maximale;

ΔT est la différence de température pour la valeur de H_T ;

H_o est la largeur de canal aux conditions de référence.

7.2.8 Erreur complémentaire de largeur de canal due aux variations de tension d'alimentation

L'erreur complémentaire de largeur de canal due aux variations de tension d'alimentation ΔV est déterminée comme suit:

$$\pm \frac{|H_V - H_o|}{H_o} / \frac{\Delta V}{V}$$

où

H_V est la valeur de largeur de canal à la tension d'alimentation pour laquelle la valeur absolue de la différence ($|H_V - H_o|$) est maximale;

H_o est la largeur de canal aux conditions de référence;

$\frac{\Delta V}{V}$ est le changement relatif de tension pour lequel H_V a été mesuré.

7.2.5 Main error of the channel width

The main error of the channel width, expressed as a percentage, is determined as:

$$\pm 100 \frac{|H - H_s|}{H_s}$$

where

H_s is the channel width specified in the documentation.

7.2.6 Instability of the channel width

Instability of the channel width, expressed as a percentage, is determined as:

$$\pm 100 \frac{|H_i - \bar{H}|}{\bar{H}}$$

where

H_i is the value of the channel width H measured during the continuous operation of the MCA (excluding the warm-up time) at which the absolute value of the difference ($|H_i - \bar{H}|$) reaches its maximum;

$\bar{H} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n H_j$ is the mean channel width;

n is the number of measurements (see 6.3).

7.2.7 Additional error of the channel width due to temperature changes

The additional error of the channel width due to temperature changes, expressed as a percentage, is determined as:

$$\pm 100 \frac{|H_T - H_o|}{H} / \Delta T$$

where

H_T is the value of the channel width at the temperature at which the absolute value of the difference ($|H_T - H|$) reaches its maximum;

ΔT is the temperature difference at which H_T was measured;

H_o is the value of the channel width measured at reference conditions.

7.2.8 Additional error of the channel width due to supply voltage changes

The additional error of the channel width due to supply voltage changes ΔV is determined as:

$$\pm \frac{|H_V - H_o|}{H_o} / \frac{\Delta V}{V}$$

where

H_V is the value of the channel width at the supply voltage change for which the absolute value of the difference ($|H_V - H_o|$) reaches its maximum;

H_o is the value of the channel width measured at reference conditions (including nominal value of the mains voltage);

$\frac{\Delta V}{V}$ is the relative mains voltage change at which H_V was measured.

7.3 Point zéro

Le point zéro de la réponse en amplitude est déterminé par la valeur «a» (de l'équation $m_{pi} = a + bA_{pi}$) (voir 7.2.4) qui est le seuil canal zéro intrinsèque de cette réponse lorsque le seuil canal zéro du CAN est fixé au minimum ou à zéro (voir figure 3).

Pour un analyseur idéal, «a» doit être égal à zéro, par exemple, le point zéro est réellement le point d'intersection des axes d'entrée et de sortie.

7.3.1 Appareillage

Conformément à 7.2.1.

7.3.2 Préparation de l'essai

Conformément à 7.2.2.

7.3.3 Mode opératoire

Le mode de fonctionnement de l'analyseur et le mode opératoire doivent être conformes à la description de 7.2.3.

7.3.4 Traitement des données de mesure

Conformément à 7.2.4.

7.3.5 Erreur principale du point zéro

L'erreur principale du point zéro est égale à «a» à partir de l'équation:

$$m_{pi} = a + bA_{pi}$$

7.3.6 Instabilité du point zéro

L'instabilité du point zéro est déterminée comme l'écart maximal du point zéro mesurée à partir de sa valeur moyenne:

$$\pm |a_i - \bar{a}|$$

où

a_i est la valeur du point zéro «a» mesurée pendant une période de fonctionnement continu de l'analyseur (le temps d'échauffement préalable n'étant pas inclus) pour laquelle la valeur absolue de la différence ($|a_i - \bar{a}|$) est maximale;

$\bar{a} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_j$ est la valeur moyenne de a_j ;

n est le nombre de mesures (voir 6.3).

7.3.7 Erreur complémentaire du point zéro due aux variations de température

L'erreur complémentaire du point zéro due aux variations de température est déterminée comme suit:

$$\pm \frac{|a_T - a_o|}{\Delta T}$$

où

a_o est la position du point zéro aux conditions de référence;

a_T est la position du point zéro à la température à laquelle la valeur absolue de la différence ($|a_T - a_o|$) est maximale;

ΔT est la différence de température pour la valeur a_T .

7.3 Zero point

The zero point of the pulse height response is determined by the value "a" (from the equation $m_{pi} = a + bA_{pi}$) (see 7.2.4) which is the intrinsic offset of that response when the ADC offset is set to minimum or zero (see figure 3).

For an ideal MCA "a" must be equal to zero, in other words the zero point is actually the intersection point of the input and output axes.

7.3.1 Apparatus

In accordance with 7.2.1.

7.3.2 Preparation for the test

In accordance with 7.2.2.

7.3.3 Test procedure

The mode of the MCA operation and test procedure shall be as described in 7.2.3.

7.3.4 Processing of measured data

In accordance with 7.2.4.

7.3.5 Main error of the zero point

Main error of the zero point equals "a" from the equation:

$$m_{pi} = a + bA_{pi}$$

7.3.6 Instability of the zero point

Instability of the zero point is determined as the maximum deviation of the measured zero point from its mean value:

$$\pm |a_i - \bar{a}|$$

where

a_i is the position of the zero point "a" measured during continuous operation of the MCA (excluding the warm-up time) at which the absolute value of the difference ($|a_i - \bar{a}|$) reaches its maximum;

$\bar{a} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_j$ is the mean position of the zero point;

n is the number of measurements (see 6.3).

7.3.7 Additional error of the zero point due to temperature changes

The additional error of the zero point due to temperature changes is determined as:

$$\pm \frac{|a_T - a_0|}{\Delta T}$$

where

a_0 is the position of the zero point measured at reference conditions;

a_T is the position of the zero point at that temperature at which the absolute value of the difference ($|a_T - a_0|$) reaches its maximum;

ΔT is the temperature difference at which a_T was measured.

7.3.8 Erreur complémentaire du point zéro due aux variations de tension d'alimentation

L'erreur complémentaire du point zéro due aux variations de la tension d'alimentation est déterminée comme suit:

$$\pm |a_v - a_o| / \frac{\Delta V}{V}$$

où

a_o est la position du point zéro aux conditions de référence;

a_v est la valeur du point zéro à la tension pour laquelle la valeur absolue de la différence ($|a_v - a_o|$) est maximale;

$\frac{\Delta V}{V}$ est le changement relatif de tension pour lequel a_v a été mesuré.

7.4 Non-linéarité intégrale

7.4.1 Appareillage

Conformément à 7.2.1.

7.4.2 Préparation de l'essai

Conformément à 7.2.2.

7.4.3 Mode opératoire

Conformément à 7.2.3.

Il est recommandé de faire attention à ce que les décalages des seuils zéros et des gains de l'équipement ne soient pas interprétés, par erreur, comme des non-linéarités.

La non-linéarité intégrale (NLI) est définie comme la déviation maximale par rapport à la linéarité exprimée en pourcentage de la sortie linéaire maximale spécifiée. Lorsqu'elle est caractérisée par un nombre sans autre détail, NLI ne doit pas dépasser ce nombre à n'importe quel endroit du domaine de fonctionnement spécifié de l'instrument et doit être déterminé sous les mêmes conditions (réglages de l'instrument, etc.).

A l'aide de la méthode des moindres carrés de la régression linéaire appliquée aux points de données, la déviation par rapport à la réponse linéaire idéale pour chaque point est déterminée par:

$$\Delta A_{pi} = A_{pi} - \frac{m_{pi} - a}{b}$$

où

$\Delta A_{pi \max}$ est déterminé comme la valeur maximale des valeurs absolues de ΔA_{pi} .

La non-linéarité intégrale est alors définie par la relation:

$$NLI = 100 \frac{|\Delta A_{pi \max}|}{A_{\max}} \%$$

7.3.8 Additional error of the zero point due to supply voltage changes

The additional error of the zero point due to supply voltage changes is determined as:

$$\pm |a_v - a_o| / \frac{\Delta V}{V}$$

where

a_o is the position of the zero point measured at reference conditions;

a_v is the position of the zero point at the supply voltage change for which the absolute value of the difference ($|a_v - a_o|$) reaches its maximum;

$\frac{\Delta V}{V}$ is the relative mains voltage change at which a_v was measured.

7.4 Integral non-linearity

7.4.1 Apparatus

In accordance with 7.2.1.

7.4.2 Preparation for the test

In accordance with 7.2.2.

7.4.3 Test procedure

In accordance with 7.2.3.

Care should be taken that the possible equipment instabilities, zero and gain shifts should not be mistakenly interpreted as non-linearities.

Integral non-linearity (INL) is defined as the maximum deviation from linearity expressed as a percentage of the specified maximum linear output. When characterized by a single unqualified number, INL shall not exceed that number anywhere within the specified operating range of the instrument and shall be determined under the same conditions (instrument settings, etc.).

Using the linear regression least square fit to the data points, the deviation from the ideal linear response for each point is determined by:

$$\Delta A_{pi} = A_{pi} - \frac{m_{pi} - a}{b}$$

where

$\Delta A_{pi \max}$ is determined as the maximum of the absolute values of ΔA_{pi} .

The integral non-linearity is then defined by:

$$INL = 100 \frac{|\Delta A_{pi \max}|}{A_{\max}} \%$$

7.4.4 Traitement des données de mesure

La position de chaque pic est calculée conformément aux prescriptions de l'annexe B. Connaissant l'amplitude exacte pour chaque pic, l'écart par rapport à la réponse idéale est ensuite calculée.

La non-linéarité intégrale (NLI) est déterminée conformément à 7.4.3.

7.4.5 Variation de la non-linéarité intégrale due aux variations de température

La variation de la non-linéarité intégrale due aux variations de température, exprimée en pourcentage, est déterminée comme suit:

$$\pm 100 \frac{|(NLI)_o - (NLI)_T|}{(NLI)_o} / \Delta T$$

où

$(NLI)_o$ est la valeur pour les conditions de référence;

$(NLI)_T$ est prise à la température à laquelle la valeur absolue de la déviation $(NLI)_o - (NLI)_T$ est maximale;

ΔT est la différence de température $(NLI)_T$.

7.4.6 Variation de la non-linéarité intégrale due aux variations de tension d'alimentation

La variation de la non-linéarité intégrale due aux variations de la tension d'alimentation est déterminée comme suit:

$$\pm \frac{|(NLI)_o - (NLI)_V|}{(NLI)_o} / \frac{\Delta V}{V}$$

où

$(NLI)_o$ est la valeur déterminée aux conditions de référence;

$(NLI)_V$ est prise à la valeur de la tension d'alimentation à laquelle la valeur absolue de la déviation $(NLI)_o - (NLI)_V$ est maximale;

$\frac{\Delta V}{V}$ est le changement relatif de tension pour lequel $(NLI)_V$ a été mesuré.

7.5 Non-linéarité différentielle (NLD)

7.5.1 Méthodes de mesures de la non-linéarité différentielle

Dans les techniques modernes, diverses méthodes sont utilisées pour les mesures de la non-linéarité différentielle.

Il convient de noter que les résultats de ces mesures sont fortement affectés par:

- la qualité des instruments utilisés pour mesurer ce paramètre;
- la disposition des instruments pendant les essais (c'est-à-dire le circuit mis à la terre, bruit des lignes principales, etc.).

Il est nécessaire de décrire trois méthodes utilisées pour déterminer la non-linéarité différentielle.

7.4.4 Processing of measured data

The position of each peak is calculated in accordance with annex B. Knowing the exact pulse height for each peak the deviation from the ideal response is then calculated.

The INL is determined in accordance with 7.4.3.

7.4.5 Variance of integral non-linearity due to temperature changes

Change of integral non-linearity due to temperature changes, expressed as a percentage, is determined as:

$$\pm 100 \frac{|(INL)_o - (INL)_T|}{(INL)_o} / \Delta T$$

where

$(INL)_o$ is the value determined at reference conditions;

$(INL)_T$ is the value taken at the temperature at which the absolute value of the deviation from the reference one reaches its maximum;

ΔT is the temperature difference at which $(INL)_T$ was measured.

7.4.6 Variance of integral non-linearity due to supply voltage changes

The change of integral non-linearity due to supply voltage changes is determined as:

$$\pm \frac{|(INL)_o - (INL)_V|}{(INL)_o} / \frac{\Delta V}{V}$$

where

$(INL)_o$ is the value determined at reference conditions;

$(INL)_V$ is the value taken at the supply voltage change at which the absolute value of the deviation reaches its maximum;

$\frac{\Delta V}{V}$ is the relative mains voltage change at which $(INL)_V$ was measured.

7.5 Differential non-linearity (DNL)

7.5.1 Methods for DNL measurements

In modern techniques a few methods for DNL measurement are used.

It should be noted that the results of measurements are in a high degree affected by:

- the quality of the instruments used to measure that parameter;
- the arrangement of the instruments during the tests (e.g. ground loops, noise of the mains line, etc.).

Three main methods shall be described that are used to determine the differential non-linearity.

Une méthode auxiliaire pour effectuer des mesures de la NLD locale est donnée en annexe C.

Pour un contrôle rapide de la NLD une méthode utilisable pour estimer la qualité de l'AMC est donnée en annexe D.

7.5.1.1 Méthode préconisée

Appareillage

a) Un générateur rampe d'impulsions, c'est-à-dire un générateur produisant des impulsions uniformément distribuées en amplitude, et présentant les caractéristiques suivantes:

- la non-uniformité de distribution des amplitudes d'impulsions dans une gamme complète ne doit pas contribuer, de manière significative, à l'erreur de non-linéarité différentielle de l'appareil soumis à l'essai;
- l'instabilité de la valeur moyenne de la distribution des amplitudes pendant la durée de la mesure ne doit pas contribuer à l'erreur de non-linéarité différentielle de l'appareil soumis à l'essai;
- les limites inférieure et supérieure de la distribution uniforme des amplitudes doivent être convenablement ajustées pour que $A_{\min}$ et $A_{\max}$ se situent dans ses limites;
- les paramètres relatifs au temps des impulsions de sortie ainsi que le nombre moyen d'impulsions par seconde doivent concorder avec la spécification de l'analyseur;
- le taux de répétition de la fréquence de rampe et de coupure (balayage stroboscopique) doit être impérativement spécifié.

b) Un dispositif d'entrée/sortie approprié.

7.5.1.2 Préparation de l'essai

Le schéma électrique d'un montage d'essai est illustré à la figure 4a. Toutes les mesures sont effectuées aux conditions de référence.

7.5.1.3 Mode opératoire

L'analyseur est branché sur le mode d'essai dans la gamme complète de mesure des amplitudes pendant un temps suffisant pour atteindre un nombre de coups par canal compatible avec une bonne précision statistique de la mesure.

L'ordre de grandeur de ce nombre de coups ainsi que la largeur de canal de l'analyseur soumis aux mesures doivent être indiqués dans la spécification correspondante de l'appareil.

Les données de mesure, c'est-à-dire le nombre de coups N_i dans chaque canal de l'analyseur, sont enregistrées par une imprimante.

7.5.1.4 Traitement des données de mesure

L'écart par rapport aux contenus du canal principal pour chaque canal est mesuré, c'est-à-dire $N_i - \bar{N}$. L'écart maximal doit être impérativement déterminé comme la valeur maximale des valeurs absolues des différences ($|N_i - \bar{N}|$).

A subsidiary method for local DNL measurements is given in annex C.

For a quick DNL check a method that could be used to estimate the quality of the MCA is given in annex D.

7.5.1.1 *A preferred method*

Apparatus

a) A sliding pulse generator i.e. a pulse generator producing a uniform distribution of pulse heights with the following characteristics:

- the non-uniformity of pulse height distribution on a full range shall not significantly contribute to the error of differential non-linearity of the MCA under test;
- the instability of the mean value of pulse height distribution during the time of measurement shall not contribute to the error of differential non-linearity of the MCA under test;
- the lower and higher boundaries of uniform pulse height distribution shall be smoothly adjusted so that $A_{\min}$ and $A_{\max}$ will be within its limits;
- the timing parameters of output pulses as well as the average number of pulses per second shall be in accordance with the MCA specification;
- the repetition rate of the ramp and the sampling (chopping or strobing) frequency shall be specified.

b) A suitable I/O device.

7.5.1.2 *Preparation for the test*

The circuit diagram of the test set-up is given in figure 4a. All measurements are made at reference conditions.

7.5.1.3 *Test procedure*

The MCA is switched to the pulse height analysis mode at the full pulse height measurement range for a time sufficient to reach a number of counts per channel compatible with sufficient statistical accuracy of measurement.

The order of magnitude of this number of counts as well as the channel width of the MCA under test shall be stated in the relevant specifications.

The measurement data, i.e. the number of counts in each channel of the MCA, N_i is recorded by a digital printer.

7.5.1.4 *Processing of measured data*

The deviation from the mean channel contents for each channel is calculated, for example $N_i - \bar{N}$. The maximum deviation must be determined as the maximum of the absolute values of the differences ($|N_i - \bar{N}|$).

La non-linéarité différentielle est déterminée comme suit:

$$(NLD)_o = \pm 100 \frac{|N_i - \bar{N}|_{\max}}{\bar{N}}$$

Pour déterminer $\bar{N}$, il est nécessaire de faire la somme de tous les coups dans les canaux sur tout le domaine de fonctionnement et de diviser ensuite cette somme par les nombres de canaux correspondant aux nombres de canaux du domaine de fonctionnement.

La NLD est déterminée pour les canaux à l'intérieur du domaine de fonctionnement.

7.5.1.5 Variation de la non-linéarité différentielle due aux variations de température

La variation de la non-linéarité différentielle due aux variations de température est déterminée comme suit:

$$\pm \frac{|(NLD)_T - (NLD)_o|}{(NLD)_o} / \Delta T$$

où

$(NLD)_o$ est la valeur déterminée aux conditions de référence;

$(NLD)_T$ est la valeur de la non-linéarité différentielle à la température à laquelle la valeur absolue de la différence est maximale;

ΔT est la différence de température pour laquelle $(NLD)_T$ a été relevée.

7.5.1.6 Variation de la non-linéarité différentielle due aux variations de tension d'alimentation

La variation de la non-linéarité différentielle due aux variations de tension d'alimentation est déterminée comme suit:

$$\pm \frac{|(NLD)_V - (NLD)_o|}{(NLD)_o} / \frac{\Delta V}{V}$$

où

$(NLD)_o$ est la valeur déterminée aux conditions de référence;

$(NLD)_V$ est la valeur de la non-linéarité à la tension d'alimentation à laquelle la valeur absolue de la différence est maximale;

$\frac{\Delta V}{V}$ est le changement relatif de tension pour lequel $(NLD)_V$ a été mesuré.

7.5.2 Méthode combinée pour déterminer simultanément NLD, NLI et le bruit du CAN

7.5.2.1 Appareillage

- a) Conformément à 7.5.1.1 a).
- b) Un microordinateur pour le traitement des résultats.

7.5.2.2 Préparation de l'essai

La sortie du générateur de rampe est reliée à l'entrée du CAN. Le microordinateur est relié à l'AMC de telle sorte qu'un histogramme spectral puisse être transféré sur le calculateur pour son traitement numérique.

Differential non-linearity is determined as:

$$(\text{DNL})_o = \pm 100 \frac{|N_i - \bar{N}|_{\max}}{\bar{N}}$$

To determine $\bar{N}$ one has to add all counts in channels within the operating range and then divide the sum by the channel numbers corresponding to the operating range channel numbers.

DNL is determined for channels within the operating range.

7.5.1.5 Variance of differential non-linearity due to temperature changes

The change of the differential non-linearity due to temperature changes is determined as:

$$\pm \frac{|(\text{DNL})_T - (\text{DNL})_o|}{(\text{DNL})_o} / \Delta T$$

where

$(\text{DNL})_o$ is the value determined at reference conditions;

$(\text{DNL})_T$ is the value taken at the temperature at which the absolute value of the difference reaches its maximum;

ΔT is the temperature difference at which $(\text{DNL})_T$ was measured.

7.5.1.6 Variance of differential non-linearity due to supply voltage changes

The change of the differential non-linearity due to supply voltage changes is determined as:

$$\pm \frac{|(\text{DNL})_V - (\text{DNL})_o|}{(\text{DNL})_o} / \frac{\Delta V}{V}$$

where

$(\text{DNL})_o$ is the value determined at reference conditions;

$(\text{DNL})_V$ is the value measured at the supply voltage change at which the absolute value of the difference reaches its maximum;

$\frac{\Delta V}{V}$ is the relative mains voltage change at which $(\text{DNL})_V$ was measured.

7.5.2 A combined method for determining DNL, INL and ADC noise

7.5.2.1 Apparatus

- In accordance with 7.5.1.1 a).
- A computer for processing the measurement data.

7.5.2.2 Preparation for the test

The output of the ramp generator is connected to the ADC input of the MCA. The computer is connected to the MCA in such a way that a recorded spectrum could be transferred to the computer for processing.

7.5.2.3 Mode opératoire

L'analyseur est branché sur le mode de fonctionnement dans la gamme complète de mesure des amplitudes. Les premières mesures sont lancées de sorte que quelques cycles du générateur (rampes ou balayages) soient achevés et que le contenu moyen d'un canal soit $\bar{N}_1$ tel que:

$$100 < \bar{N}_1 < 500$$

On transfère le spectre préliminaire vers le calculateur.

On continue l'enregistrement des balayages jusqu'à ce que le contenu moyen d'un canal soit $\bar{N}_2$, la valeur $\bar{N}_2$ devant être spécifiée par le fabricant (d'habitude $\bar{N}_1 < \bar{N}_2$).

7.5.2.4 Traitement des données mesurées

Déterminer la dispersion du premier spectre mémorisé:

$$\sigma_1^2 = \frac{1}{m_h - m_l + 1} \sum_{m_l}^{m_h} \left(\frac{N_{1i} - \bar{N}_1}{\bar{N}_1} \right)^2$$

où

m_h et m_l sont les limites hautes et basses du domaine de canaux où la NLD doit être déterminée. Ces numéros de canaux doivent être spécifiés dans la documentation du constructeur;

$$\bar{N}_1 = \frac{\sum_{m_l}^{m_h} \bar{N}_{1i}}{m_h - m_l + 1} \text{ est le comptage moyen par canal.}$$

Une estimation du nombre de coups nécessaire dans un canal pour la précision prédéterminée peut être établie de la manière suivante:

$$\bar{N}_2 \approx \frac{\bar{N}_1 \sigma_1^2 L}{(NLD)_s}$$

où

L est le niveau de fiabilité, avec une probabilité inférieure à $1/m_h$ de dépasser le nombre de coups N_{1i} . Si la valeur de m_h de l'analyseur est égale à 1K, 2K, 4K, 8K, le niveau de confiance L sera respectivement 3,1; 3,3; 3,5 et 3,67;

$(NLD)_s$ est la valeur de NLD (non-linéarité différentielle) fournie par la spécification d'analyseur en unité de pour-cent.

Déterminer la dispersion du second spectre mémorisé:

$$\sigma_2^2 = \frac{1}{m_h - m_l + 1} \sum_{m_l}^{m_h} \left(\frac{N_{2i} - \bar{N}_2}{\bar{N}_2} \right)^2$$

où

$\bar{N}_2$ est déterminé de la même manière que $\bar{N}_1$, mais en utilisant les résultats du second spectre.

NOTE - Dans certains cas, il est judicieux de déterminer séparément la composante rapide et la composante lente de la non-linéarité différentielle (NLD). En spectroscopie, la composante rapide est plus significative, car la composante lente est directement évaluée à partir de la non-linéarité intégrale (NLI). «Rapide» et «lente» sont des termes de jargon technique correspondant respectivement aux hautes et basses fréquences d'oscillation dans la courbe considérée.

7.5.2.3 Test procedure

The MCA is set to the pulse height analyzing mode. The first measurements are commenced so that a few steps (sweeps or cycles) from the generator would be completed and the average channel content would be:

$$100 < \bar{N}_1 < 500$$

Transfer the resulting spectrum to the computer.

Continue the recording of the sweeps until the average content in a channel would be equal to the reference value $\bar{N}_2$. This value must be specified by the manufacturer (usually $\bar{N}_1 \ll \bar{N}_2$).

7.5.2.4 Processing of measured data

Determine the dispersion of the 1st accumulated spectrum:

$$\sigma_1^2 = \frac{1}{m_h - m_l + 1} \sum_{m_l}^{m_h} \left(\frac{N_{1i} - \bar{N}_1}{\bar{N}_1} \right)^2$$

where

m_h and m_l are the higher and lower limits of the range in channels, where the DNL is to be determined. These channel numbers should be specified in the documentation by the manufacturer;

$$\bar{N}_1 = \frac{\sum_{m_l}^{m_h} \bar{N}_{1i}}{m_h - m_l + 1} \text{ is the mean number of counts in the specified pulse height range.}$$

An estimation of the required number of counts in a channel for the predetermined accuracy can be made in the following way:

$$\bar{N}_2 \simeq \frac{\bar{N}_1 \sigma_1^2 L}{(\text{DNL})_s}$$

where

L is the confidence level where the possibility of exceeding the count number N_{1i} is less than $1/m_h$. If the MCA has m_h equal 1K, 2K, 4K, 8K the corresponding confidence level L will be 3,1; 3,3; 3,5 and 3,67 respectively;

$(\text{DNL})_s$ is the value from MCA specification in per cent.

Determine the dispersion of the 2nd accumulated spectrum:

$$\sigma_2^2 = \frac{1}{m_h - m_l + 1} \sum_{m_l}^{m_h} \left(\frac{N_{2i} - \bar{N}_2}{\bar{N}_2} \right)^2$$

where

$\bar{N}_2$ is determined in the same way as $\bar{N}_1$ using the results of the second spectrum.

NOTE – In some cases, it is reasonable to determine separately the fast and slow component of the DNL. In spectroscopy, the fast component is more meaningful because the slow one is indirectly estimated by means of the INL. "Fast" and "slow" are technical jargon corresponding to high and low-frequency oscillations in the present curve respectively.

Dans ces cas, la dispersion de la première composante serait donnée par l'équation:

$$\sigma_2^2 = \frac{1}{m_h - m_l + 1} \sum_{m_l}^{m_h} \left(\frac{N_{2i} - \bar{F}_{fi}}{\bar{N}_2} \right)^2$$

où

$\bar{F}_{fi}$ est une fonction ajustée à la distribution résultante et déterminée par la méthode des moindres carrés. Dans la pratique, le polynôme est du 4^{ème} degré.

Etant donné que la méthode d'essai est fondée sur la méthode statistique pour un analyseur 8K, il ne peut y avoir plus de trois canaux pour lesquels:

$$\frac{N_{2i} - \bar{N}_2}{\bar{N}_2} > L\sigma_2$$

Après avoir mené le calcul précédent:

- déterminer la non-linéarité différentielle (NLD) de l'analyseur soumis à l'essai:

$$(NLD)_o = \sqrt{(\sigma_2^2 \bar{N}_2 - \sigma_1^2 \bar{N}_1) / (\bar{N}_2 - \bar{N}_1)} \times 100 \%$$

- calculer la tension de bruit moyenne du signal carré liée à l'entrée du convertisseur analogique-numérique (CAN):

$$U_n = (\sigma_1^2 - \sigma_2^2) \bar{N}_1 \bar{N}_2 \bar{H} / (\bar{N}_2 - \bar{N}_1)$$

où

$\bar{H}$ est la largeur moyenne de canal de l'analyseur en essai.

- calculer ensuite la fonction d'erreur intégrale pour chaque canal de numéro «i»:

$$E_{(i)} = \frac{\sum_{i=m_l}^{i=m_h} (\bar{N}_{2i} - \bar{N}_2)}{\bar{N}_2 (m_h - m_l + 1)}$$

Déterminer la valeur absolue maximale de la fonction: $|E_{(i)}|_{\max}$.

La non-linéarité intégrale (NLI)_o est égale à cette valeur.

Le spectre résultant est illustré à la figure 6 et l'erreur intégrale $E_{(i)}$ est illustrée à la figure 7.

7.5.3 Méthode du scintillomètre

7.5.3.1 Appareillage

- Un scintillomètre (sonde) composé d'un petit scintillateur organique (stilbène ou anthracène, etc.) adapté au photomultiplicateur.
- Une haute tension d'alimentation appropriée pour le scintillomètre (sonde).
- Une source radioactive ^{137}Cs (ou toute autre source strictement monoénergétique).

For this case, the dispersion of the first component is:

$$\sigma_2^2 = \frac{1}{m_h - m_l + 1} \sum_{m_l}^{m_h} \left(\frac{N_{2i} - \bar{F}_{fi}}{\bar{N}_2} \right)^2$$

where

$\bar{F}_{fi}$ is a function fitted to the resulting distribution by the least square method. In practical cases, the polynomial is of the fourth order.

Because the test method is based on the statistical method for an 8K MCA there could be at most three channels for which:

$$\frac{N_{2i} - \bar{N}_2}{\bar{N}_2} > L\sigma_2$$

After the previous calculation has been completed:

- determine the DNL of the MCA under test:

$$(\text{DNL})_o = \sqrt{(\sigma_2^2 \bar{N}_2 - \sigma_1^2 \bar{N}_1) / (\bar{N}_2 - \bar{N}_1)} \times 100 \%$$

- calculate the mean square noise voltage related to the ADC's input:

$$U_n = (\sigma_1^2 - \sigma_2^2) \bar{N}_1 \bar{N}_2 \bar{H} / (\bar{N}_2 - \bar{N}_1)$$

where

$\bar{H}$ is the mean channel width of the MCA under test.

- calculate the integral error function for each channel number "i":

$$E_{(i)} = \frac{\sum_{i=m_l}^{i=m_h} (\bar{N}_{2i} - \bar{N}_2)}{\bar{N}_2 (m_h - m_l + 1)}$$

Determine the absolute maximum value of this function $|E_{(i)}|_{\max}$.

The integral non-linearity is determined as $(\text{INL})_o = |E_{(i)}|_{\max}$.

In figure 6 the resulting spectrum is shown and in figure 7 the corresponding integral error $E_{(i)}$ is shown.

7.5.3 Scintillation counter method

7.5.3.1 Apparatus

- A scintillation counter probe consisting of a small organic scintillator (stilbene, anthracene, etc.) matched with the photomultiplier.
- An appropriate high voltage supply for the scintillation counter (probe).
- A radioactive source ^{137}Cs (or any other strictly monoenergetic source).

- d) Si nécessaire, un amplificateur d'impulsions de spectroscopie et un amplificateur à seuil.
- e) Un dispositif d'entrée/sortie approprié.

7.5.3.2 Préparation de l'essai

Le schéma électrique d'un montage d'essai est illustré à la figure 8.

7.5.3.3 Mode opératoire

L'analyseur est branché sur le mode analyse d'amplitudes sur sa pleine gamme de fonctionnement. En faisant varier la distance entre la source de rayonnement et le scintillateur, le taux de comptage sera établi au plus à 1/10 du taux de comptage maximal spécifié. A l'aide de l'amplificateur et, si nécessaire, de l'amplificateur à seuil et en les réglant convenablement, mémoriser un spectre dans l'analyseur.

La forme du spectre doit être conforme à la figure 8b (l'idée principale réside dans le fait que la dérivée première ne changerait pas de signe pour un spectre hautement lissé et qu'il serait en conséquence possible de décrire la dérivée par une parabole, courbe du second degré).

Le nombre minimal de coups par canal doit être spécifié dans la documentation relative à l'analyseur. Pour obtenir de bonnes précisions statistiques, il est recommandé que le nombre minimal de coups dans la partie basse du spectre enregistré ne soit pas inférieur à $10^5/(\text{NLD})^2$, NLD étant en pourcentage.

7.5.3.4 Traitement des données de mesure

Une valeur complémentaire R_i (la première différence) doit être calculée en commençant à partir du premier canal:

$$R_i = N_i - N_{i+1}$$

où

N_i est le nombre de coups dans le canal i ;

N_{i+1} est le nombre de coups dans le canal $i+1$, suivant.

Si un analyseur possédait n canaux, il y aurait $n-1$ valeurs de R_i . Après cela, une autre valeur supplémentaire r_i (la seconde différence) doit être calculée:

$$r_i = R_i - R_{i+1}$$

Les indices ont les mêmes significations que ceux cités ci-dessus. (Il est possible de voir que si les contenus de chaque canal varient suivant une parabole du second degré, alors la procédure indiquée ci-dessus donne la dérivée seconde, c'est-à-dire une constante.)

Un spectre est ensuite tracé (r_i en fonction du numéro de canal i). Une courbe est rapportée au spectre résultant (second degré ou degré supérieur). Il convient de déterminer l'écart des contenus de chaque canal par rapport à la valeur F_{fi} de la courbe rapportée au canal « i »: $\Delta r_i = r_i - F_{fi}$. On recherche ensuite la valeur absolue maximale de cette déviation: $|\Delta r_i|_{\max}$.

- d) If necessary, a spectroscopy pulse amplifier and a biased amplifier.
- e) A suitable I/O device.

7.5.3.2 Preparation for the test

The circuit diagram of the test set-up is given in figure 8.

7.5.3.3 Test procedure

The MCA is switched to the pulse height mode at the full operating range. Varying the distance between the radiation source and the scintillator, the count rate is to be established at not more than 1/10 of the maximum specified count rate. Using the amplifier and if necessary the biased amplifier, and adjusting them properly, a spectrum is stored in the MCA.

The shape of the spectrum shall be in accordance with figure 8b (the main idea is that the first derivative for the highly smoothed spectrum would not change its sign and the spectrum can be described by means of a second order parabola).

The minimum number of counts per channel shall be stated in the MCA documentation (according to the requirements of the statistics it is recommended that the minimum number of counts at the lowest part of the stored spectrum should be not less than $10^5/(\text{DNL})^2$ where DNL is expressed in per cent).

7.5.3.4 Processing of measured data

Beginning from the first channel or within the channel range specified by the manufacturer an additional value R_i (the first difference) shall be calculated:

$$R_i = N_i - N_{i+1}$$

where

N_i is the number of counts in channel i ;

N_{i+1} is the number of counts in the next channel with a higher number.

If an MCA has n channels there would be $n-1$ values of R_i . After that, another additional value r_i (the second difference) shall be calculated:

$$r_i = R_i - R_{i+1}$$

R and r were chosen for the word "residue".

The indices have the same meanings as above. (It can be seen that if the contents of each channel changes according to a second order parabola, then the above procedure gives the second derivative, e.g. a constant.)

A spectrum is then plotted (r_i versus channel number i). A curve (second or higher order) is fitted to the resulting spectrum. The deviation of the contents of each channel from the fitted curve value F_{fi} at channel " i " $\Delta r_i = r_i - F_{fi}$ and the maximum absolute value of the deviation $|\Delta r_i|_{\max}$ should be determined.

La non-linéarité différentielle (NLD) est déterminée par:

$$NLD = \frac{|\Delta r_i|_{\max}}{\bar{N}} 100 \%$$

où

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=m_l}^{i=m_h} N_i}{m_h - m_l + 1}$$

est le comptage moyen par canal;

m_h et m_l sont les limites hautes et basses du domaine de canaux où la NLD doit être déterminée. Ces numéros de canaux doivent être spécifiées dans la documentation du constructeur.

7.6 *Domaine de fonctionnement*

7.6.1 *Appareillage*

Conformément à 7.2.1.

7.6.2 *Préparation de l'essai*

Conformément à 7.2.2.

7.6.3 *Mode opératoire*

Conformément à 7.2.3.

7.6.4 *Traitement des données de mesure*

Conformément à 7.2.4 et 7.3.4

7.6.5 Les limites supérieures et inférieures du domaine de fonctionnement sont déterminées à partir des mesures précédentes dans l'intervalle de canaux $[m_l, m_h]$ dans lequel les valeurs des caractéristiques principales satisfont aux exigences de la spécification.

7.7 *Temps mort de l'analyseur*

Une procédure de mesure du temps mort moyen est fournie en annexe E.

Cette méthode n'est applicable qu'aux analyseurs avec accès direct vers leur mémoire principale, sans tampon d'entrée après le CAN ou autre désaléateur (incluant les rejeteurs d'empilement, par exemple.

7.7.1 *Appareillage*

Un générateur d'impulsions doubles ayant les caractéristiques suivantes:

- l'amplitude doit être réglable entre $A_{\min}$ et $A_{\max}$;
- l'erreur de réglage de l'amplitude doit être assez faible pour ne pas avoir d'influence sur le paramètre à mesurer;

The DNL is determined as:

$$\text{DNL} = \frac{|\Delta r_i|_{\max}}{\bar{N}} 100 \%$$

where

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=m_l}^{i=m_h} N_i}{m_h - m_l + 1}$$

is the mean number of counts in the channel;

m_h and m_l are the channel numbers corresponding to the ends of the pulse height range. These channel numbers should be specified in the manufacturer's documentation.

7.6 Operating range

7.6.1 Apparatus

In accordance with 7.2.1.

7.6.2 Preparation for the test

In accordance with 7.2.2.

7.6.3 Test procedure

In accordance with 7.2.3.

7.6.4 Processing of measured data

In accordance with 7.2.4 and 7.3.4.

7.6.5 The upper and lower limits of the operating range are determined from the previous measurements by means of the channel numbers [m_l and m_h] within which the values of the main characteristics meet the specification requirements.

7.7 Dead time of the MCA

A procedure to measure the average dead time is given in annex E.

This measurement is only applicable to systems with direct access to the main memory without a buffer following the ADC or any derandomizers (including pile-up rejectors).

7.7.1 Apparatus

A double-pulse generator with the following characteristics:

- the pulse height shall be adjustable from $A_{\min}$ to $A_{\max}$;
- the error of the pulse height setting shall be sufficiently small so as not to affect the parameter to be measured;

- la valeur de l'intervalle entre les impulsions doit être réglable en continu entre $0,7 t_{dmin}$ et $1,3 t_{dmax}$, où t_{dmin} et t_{dmax} désignent respectivement les valeurs basses et hautes du temps mort, spécifiées par le constructeur. Si un analyseur a un temps mort fixe spécifié t_d , alors t_{dmin} et t_{dmax} sont ensemble égaux à cette valeur là;
- l'erreur de réglage de l'intervalle ne doit pas avoir affecté, de façon significative, la mesure de l'erreur de temps mort;
- les caractéristiques de temps des impulsions de sortie doivent répondre aux prescriptions de la spécification fournie avec l'analyseur;
- le taux de répétition des impulsions doit être réglable de façon à ne pas dépasser $0,01 f_{max}$ (taux maximum spécifié par le constructeur des impulsions en entrée de l'AMC).

7.7.2 Préparation de l'essai

Le schéma électrique d'un montage d'essai est illustré à la figure 9a a). La sortie du générateur est reliée à l'entrée de l'analyseur par un câble coaxial approprié. On peut utiliser un générateur à deux sorties, le générateur étant relié à l'analyseur par l'intermédiaire d'un mélangeur linéaire. La longueur de câble ne doit pas affecter les résultats de mesure (figure 9a b)).

7.7.3 Mode opératoire

L'analyseur est branché sur le mode d'analyse d'amplitudes sur la gamme complète des amplitudes. L'amplitude à la première sortie (rapide) est alors réglée de façon à enregistrer les impulsions dans le canal m_c situé dans la gamme de $0,1 M$ à $0,2 M$, M désignant le nombre de canaux de l'analyseur dans le cas où la documentation ne spécifierait pas de valeur pour m_c . L'amplitude à la seconde sortie (différée) du générateur est réglée arbitrairement entre A_{min} et A_{max} . En augmentant lentement la valeur du retard de la seconde impulsion, on détermine le retard T_{dc} correspondant au début de l'enregistrement de la seconde impulsion.

L'amplitude à la première sortie (rapide) est alors réglée de façon à enregistrer les impulsions dans le canal m_k situé dans la gamme de $0,8 M$ à $0,9 M$, et l'amplitude à la seconde sortie (différée) est réglée arbitrairement. En faisant varier le retard de la seconde impulsion, on détermine le plus petit retard T_{dk} pour lequel la seconde impulsion est acceptée par l'analyseur.

NOTE - Il est souhaitable que l'intervalle de temps entre paires d'impulsions soit au moins 10 fois plus grand que le retard maximal entre impulsions.

7.7.4 Traitement des données de mesure

Les résultats de l'essai décrit en 7.7.3 sont comparés aux valeurs du temps mort calculées pour les canaux de numéro m_c et m_k selon les spécifications relatives à l'appareil, en tenant compte des temps de montée des signaux d'entrée.

Les valeurs mesurées de T_{dc} et de T_{dk} ne doivent pas dépasser les valeurs calculées.

- the value of the delay between pulses shall be continuously adjustable from $0,7 t_{dmin}$ to $1,3 t_{dmax}$, where t_{dmin} and t_{dmax} correspond to the minimum and maximum dead time specified by the manufacturer. If an MCA has a fixed dead time t_d then t_{dmin} and t_{dmax} are equal to that value;
- the error of the delay setting shall not significantly affect the error in the dead time measurement;
- the timing parameters of the output pulses shall meet the requirements of the specification supplied with the MCA;
- the pulse repetition rate shall be adjustable so as not to exceed $0,01 f_{max}$ (maximum input pulse rate specified by the manufacturer).

7.7.2 Preparation for the test

The circuit diagram of the test set-up is given in figure 9a a). The generator output is connected to the MCA input by a suitable coaxial cable of a length that shall not affect the measurement. It is permissible to use a generator with two outputs, then the generator is connected to the MCA via a linear mixer (figure 9a b)).

7.7.3 Test procedure

The MCA is switched to the pulse height analysis mode at the full pulse height measurement range. The pulse height of the first (prompt) output is adjusted so as to record the pulses in channel m_c which is within the range of $0,1 M$ to $0,2 M$ where M is the number of channels of the tested MCA if there is no indication about m_c in the documentation. The pulse height of the second (delayed) output of the generator is adjusted arbitrarily within the limits of A_{min} to A_{max} . By increasing smoothly from zero the delay time of the second pulse, the delay time T_{dc} is determined which corresponds to the beginning of the recording of the second pulse.

Then the first pulse height of the first (prompt) output is adjusted so as to record the pulses in channel m_k which is within the range of $0,8 M$ to $0,9 M$, and the amplitude of the second (delayed) output is adjusted arbitrarily. By varying the delay time of the second pulse, the smallest delay time T_{dk} at which the second pulse is accepted by the MCA is determined.

NOTE - The time interval between pulse pairs should be at least 10 times longer than the maximum delay between pulses.

7.7.4 Processing of measured data

The results of the test described in 7.7.3 are compared with the values of the dead time calculated for the channel numbers m_c and m_k according to the relevant specifications, taking the rise times of the input signals into account.

The measured values of T_{dc} and T_{dk} shall not exceed these calculated values.

7.7.5 Méthode subsidiaire

7.7.5.1 Appareillage

- a) Un générateur d'impulsions de précision (voir 7.1.1a).
- b) Une sonde de détection de scintillation avec un détecteur NaI(Tl) (d'une taille approximative de 50 x 50 mm) et dont la durée de signal en sortie ne doit pas excéder 1 µs (plus courte est cette impulsion, plus précises seront les mesures).
- c) Une source ^{137}Cs .
- d) Un icromètre.
- e) Un mélangeur linéaire (voir 7.1.1 c).

La figure 9b illustre le schéma électrique d'un montage d'essai.

7.7.5.2 Mode opératoire

L'analyseur est branché sur le mode d'analyse d'amplitudes, sur la gamme complète des amplitudes. Une source ^{137}Cs est placée à la distance requise pour que le taux de comptage de la sonde de scintillations se situe entre 30 000 et 50 000 coups par seconde.

La fréquence du générateur est habituellement réglée à une valeur très inférieure au taux de comptage en sortie de la sonde de scintillation (dans une gamme proche de 100 coups par seconde). La tension d'alimentation de la sonde de scintillation doit être réglée de manière que le pic d'énergie totale se trouve vers le milieu du domaine de fonctionnement.

La sortie du générateur d'impulsions doit être réglée de façon que l'emplacement du pic correspondant soit près des trois quarts de la gamme de l'analyseur. Après ces réglages, vider la mémoire et l'échelle de comptage. Commencer la mesure en appliquant et en activant simultanément l'analyseur et l'échelle de comptage. Après un délai suffisant, cesser la mesure en arrêtant ensemble analyseur et échelle.

Déterminer l'aire du pic N_p correspondant aux impulsions du générateur. Déterminer le nombre total de coups N_t du générateur sur l'échelle de comptage. Le temps mort relatif de la mesure sera égal à:

$$100 \frac{(N_t - N_p)}{N_t}$$

7.8 Fréquence maximale d'impulsions à mesurer

Cet essai fournit seulement des mesures à partir d'impulsions périodiquement répétitives, ce pourquoi le terme de «fréquence» est mentionné dans le titre au lieu du terme «débit» d'impulsions (celui-ci intervient pour des impulsions arrivant aléatoirement en temps).

7.8.1 Appareillage

- a) Le générateur décrit au 7.1.1. La durée temporelle des impulsions doit être spécifiée par le constructeur.
- b) Un voltmètre numérique pour enregistrer une valeur correspondant à 1/10 de la largeur du canal.

7.7.5 *Subsidiary method*

7.7.5.1 *Apparatus*

- a) A precision pulse generator (see 7.1.1a).
- b) A scintillation detection probe with a NaI(Tl) detector (approximate size of $\varnothing 50 \times 50$ mm) and the duration of the output signal should not exceed 1 μ s (the shorter the pulse, the more accurate will be the measurements).
- c) A ^{137}Cs source.
- d) A scaler.
- e) A linear mixer (see 7.1.1 c).

The circuit diagram of a test set-up is given in figure 9b.

7.7.5.2 *Test procedure*

The MCA is switched to the pulse height analysis mode at the full pulse height measurement range. A ^{137}Cs source is placed at a distance so that the scintillation probe count rate is in the range of 30 000 to 50 000 counts per second.

The generator frequency is usually set much lower than the scintillation probe output count rate (in the range of 100 counts per second). The scintillation probe power supply voltage shall be adjusted so that the full energy peak would be located near the middle of the operating range.

The output of the pulse generator shall be adjusted so that the location of the corresponding peak would be near three quarters of the MCA scale. After these adjustments clear the memory and the scaler. Begin the measurement by starting the MCA and scaler at the same time. After sufficient time, stop the MCA and scaler at the same time.

Determine the area of the peak N_p corresponding to the generator pulses. Determine the total number of counts N_t from the generator on the scaler. The relative measurement dead time as a percentage will be equal to:

$$100 \frac{(N_t - N_p)}{N_t}$$

7.8 *Maximum pulse frequency to be measured*

This test provides only the measurements with periodic pulses, that is why the title contains "frequency" instead of pulse rate (the latter is used with pulses randomly occurring in time).

7.8.1 *Apparatus*

- a) The generator described in 7.1.1. The time duration of pulse shall be specified by the manufacturer.
- b) A digital voltmeter to record a value corresponding to 1/10 of the channel width.

7.8.2 Préparation de l'essai

Le schéma électrique d'un montage d'essai est illustré à la figure 10.

7.8.3 Mode opératoire

La sortie du générateur est reliée à l'entrée de l'analyseur. L'amplitude des impulsions est réglée pour générer un pic dans un canal correspondant à environ $0,9 A_{\max}$ à une fréquence de $0,01 f_{\max}$ sauf si spécification du constructeur. Enregistrer le canal de pic m_i .

La fréquence est ensuite augmentée jusqu'à $f_{\max}$ tout en maintenant la tension de référence du générateur à la même valeur que dans le cas précédent. Enregistrer le nouveau canal de pic m'_i .

Modifier l'amplitude des impulsions à environ $0,1 A_{\max}$. Les valeurs de pic seront m_k d'essai à $0,01 f_{\max}$ et m'_k à $f_{\max}$.

7.8.4 Traitement des données de mesure

Les décalages des positions du pic, à la fréquence d'impulsions maximale, pour le début et pour la fin de l'échelle, sont déterminés comme suit:

$$\pm |m_i - m'_i|$$

$$\pm |m_k - m'_k|$$

Les décalages de position du pic ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées dans les spécifications concernées.

7.9 Erreur de correction du temps mort*

7.9.1 Appareillage

- Un détecteur et un amplificateur (spécifiés par le constructeur).
- Un dispositif de commande et de traitement, qui fournit les informations de traitement, le réglage des paramètres temporels, le contrôle de l'analyseur.
- Une source radioactive (ou un certain nombre de sources) qui, par l'intermédiaire du détecteur et de l'amplificateur, génère un flux d'impulsions correspondant à $f_{\max}$ à l'entrée de l'analyseur.
- Une échelle de comptage.

Il convient que les informations détaillées au sujet des instruments utilisés pour les essais soient données dans la documentation de l'analyseur.

7.9.2 Préparation de l'essai

Le schéma fonctionnel d'un essai est illustré à la figure 11.

Le nombre maximal de niveaux de quantification est fixé sur l'analyseur.

* Cette mesure est applicable aux analyseurs avec correction automatique du temps mort.

7.8.2 Preparation for the test

The circuit diagram of a test set-up is given in figure 10.

7.8.3 Test procedure

The output of the generator is connected to the input of the MCA. The amplitude of the pulses is adjusted to give a peak in a channel near $0,9 A_{\max}$ at a frequency of $0,01 f_{\max}$ if it is not specified by the manufacturer. Record the modal channel of the peak m_i .

The frequency is then increased to $f_{\max}$ while keeping the reference voltage of the generator at the same value as in the previous case. Record the new modal channel of the peak m'_i .

Change the amplitude of the pulses near to $0,1 A_{\max}$. Determine the position of the peak m_k at $0,01 f_{\max}$ and m'_k at $f_{\max}$.

7.8.4 Processing of measured data

The peak shift at the maximum pulse frequency for the beginning and the end of the scale is determined as:

$$\pm |m_i - m'_i|$$

$$\pm |m_k - m'_k|$$

The shift of the peak position shall not exceed the values stated in the relevant specifications.

7.9 Dead time correction error *

7.9.1 Apparatus

- Detector and amplifier (specified by the manufacturer).
- Control and processing device, which provides the information processing, the time setting and the MCA control.
- Radionuclide source (or a number of sources), which provides via the detector and amplifier, a flux of pulses at the MCA input corresponding to $f_{\max}$.
- Scaler.

Detailed information about the instruments used for these tests should be given in the MCA documentation.

7.9.2 Preparation for the test

The block-diagram of the test set-up is given in figure 11.

The maximum number of quantization levels is set on the MCA.

* This measurement is applicable to MCA with automatic dead time correction.

Le nombre de sources radioactives spécifié est placé à une distance telle du détecteur que le flux d'impulsions de l'amplificateur avoisine la valeur de $f_{\max}$. Si cela est nécessaire, il est possible d'utiliser un discriminateur de niveau bas réglé de la même manière que le discriminateur d'entrée de l'analyseur.

7.9.3 Mode opératoire

L'analyseur est réglé de manière à recevoir les impulsions dans le mode «temps écoulé», à l'aide du dispositif de commande. La durée de mesure est choisie de manière à éviter la saturation de l'ictomètre et des canaux de l'analyseur. Après la fin de la mesure, le processeur fait la somme des impulsions accumulées sur tous les canaux de l'analyseur et obtient une valeur N_a . L'échelle de comptage donne N_n .

7.9.4 Traitement des données de mesure

La correction d'erreur de temps mort est donnée par:

$$\frac{|N_n - N_a|}{N_n}$$

pour l'intensité d'entrée concernée.

Il est recommandé de déterminer l'erreur à différentes valeurs du taux d'impulsions d'entrée sur le CAN.

7.10 Facteur non rectangulaire du profil de canal (FNR)

7.10.1 Méthode générale

Le profil de canal FNR est une mesure de la fluctuation relative du nombre de coups dans les canaux due à la fluctuation des limites du canal lorsqu'un générateur de rampe à signaux périodiques, produisant une distribution uniforme d'amplitudes, est utilisé pour l'essai.

7.10.2 Appareillage

a) Un générateur rampe de signaux (voir 7.5.1.1 a). Il est souhaitable que la fluctuation de son amplitude soit très inférieure à la fluctuation des limites de l'AMC soumis à l'essai;

b) Une interface reliant l'AMC à une imprimante ou à un ordinateur.

7.10.3 Préparation de l'essai

Le schéma électrique du montage d'essai est illustré à la figure 4a.

7.10.4 Mode opératoire

L'analyseur est branché sur le mode d'analyse, sur la gamme de mesure d'amplitudes complète et pour la largeur de canal minimale.

Lorsque le nombre de coups moyen enregistré par canal $\bar{N}$ atteint environ 1 000, arrêter le générateur de rampe d'impulsions après achèvement de la rampe en cours et imprimer les données N_{ij} . Ensuite, pour obtenir N_{2j} , répéter cette mesure pour le même nombre de cycles.

The radionuclide sources are placed at such a distance from the detector as to make the output pulse flux of the amplifier close to $f_{\max}$. A low level discriminator may be used before the scaler to enable the latter to count all pulses exceeding the input discriminator threshold of the MCA.

7.9.3 Test procedure

The MCA and the scaler are set to acquire the pulse flux in the elapsed time mode by means of the control device. The time of the measurement is selected to avoid overflow of the channels of the MCA and the scaler. After completion of the measurement the processor sums up the accumulated pulses over all the channels of the MCA and obtains a value N_a . The scaler gives N_n .

7.9.4 Processing of measured data

The dead time correction error is given by:

$$\frac{|N_n - N_a|}{N_n}$$

for the given input intensity. The dead time correction error shall not exceed the values stated in the relevant specifications.

It is recommended to determine the error at various values of the input pulse rate to the ADC.

7.10 Non-rectangular factor of channel profile (NRF)

7.10.1 General method

The NRF of channel profile is a measure of the relative fluctuation of the number of counts in the channels caused by the fluctuations of the channel borders when a periodic sliding pulse generator producing a uniform pulse height distribution is used for testing.

7.10.2 Apparatus

- a) A sliding pulse generator (see 7.5.1.1 a); its amplitude jitter should be much less than the channel border fluctuation of the MCA under test;
- b) An interface connecting the MCA to a printer or a computer.

7.10.3 Preparation for the test

The circuit diagram of the test set-up is given in figure 4a.

7.10.4 Test procedure

The MCA is switched to the analysis mode at the full pulse-height measurement range and for the minimum channel width.

When the average number of counts registered per channel, $\bar{N}$ reaches about 1 000, stop the sliding pulse generator after the current sliding ramp is finished and print the data N_{1j} . Then, to obtain N_{2j} , repeat this measurement for same number of sliding cycles.

Il est également possible d'obtenir ce résultat en mesurant N_{1j} avec le mode d'addition et de mesurer N_{2j} avec le mode de soustraction. Habituellement, le constructeur précise la gamme de $\bar{N}$ recommandée.

7.10.5 *Traitement des données de mesure*

Le facteur non rectangulaire du profil de canal est donné par:

$$FNR = \frac{|N_{1j} - N_{2j}|_{\max}}{\sqrt{2\bar{N}}}$$

NOTES:

1 Afin d'éviter de mémoriser et d'afficher des nombres négatifs, il est possible d'ajouter une constante à $N_{1j} - N_{2j}$.

Avant de faire une interprétation des résultats, il est utile de considérer deux cas limites:

- a) Le profil de canal est strictement rectangulaire;
- b) Les bords de canal sont totalement statistiques.

Dans le premier cas, la différence lors du premier balayage ne sera pas plus grande que 2, à cause des incertitudes temporelles sur le début et la fin de cycle et seulement de ça. Il est clair que les différences de contenus de canaux pour toutes les mesures (N_{2j} et N_{1j}) ne seront pas supérieures à 2. Donc, dans ce cas où $1 \ll \bar{N}$ on aura FNR nettement inférieur à 1.

Dans le second cas, l'erreur standard de comptage dans les canaux sera $\sqrt{\bar{N}}$ et par conséquent, la déviation maximale entre les résultats de deux mesures pourrait être voisine de $\sqrt{\bar{N}}$. Dans ce cas, le FNR sera voisin de 3.

2 On dira que le profil de canal est bon si on peut vérifier que FNR est inférieur à 1.

7.11 *Capacité de traitement du système (Th)*

La capacité de traitement du système est une mesure de son efficacité de comptage. Elle fournit un moyen d'estimer la faisabilité d'emploi d'un AMC (ou d'un système comportant un AMC) pour faire des mesures à taux de comptage élevé. L'essai correspondant décrit la procédure de mesure pour déterminer la capacité de traitement au niveau de 90 %. Dans les mesures, le pic correspondant à la distribution des hauteurs d'impulsions est réglé grâce à l'amplificateur autour de 50 % de l'amplitude de conversion à pleine échelle. Le décalage de la position de pic selon le taux de comptage n'est pas traité dans ce cas.

Le débit d'impulsions mémorisé est le nombre d'impulsions mémorisé dans la mémoire divisé par le temps de collecte. Le débit d'impulsions d'entrée est le nombre d'impulsions à l'entrée du CAN ou à l'entrée de l'amplificateur, si l'amplificateur fait partie intégrante du système AMC. Le résultat mentionné doit impérativement indiquer les éléments du système qui sont soumis à l'essai et les options (le cas échéant) qui sont activées ou désactivées. Dans des systèmes simples, la capacité de traitement sera directement reliée à la fréquence maximale de l'impulsion (voir 7.8) ou au temps mort (voir 7.7).

7.11.1 *Appareillage*

Conformément à 7.8.1.

7.11.2 *Préparation de l'essai*

Conformément à 7.8.2

An alternative is to measure N_{1j} with addition mode and to measure N_{2j} with subtraction mode. Usually the manufacturer should state the range of $\bar{N}$.

7.10.5 Processing of measured data

The non-rectangular factor of the channel profile is described by:

$$\text{NRF} = \frac{|N_{1j} - N_{2j}|_{\max}}{\sqrt{2\bar{N}}}$$

NOTES:

1 In order to avoid storing and displaying negative numbers one can add a constant to $N_{1j} - N_{2j}$.

Before interpreting the results of the measurements it would be useful to consider two extreme cases:

- a) The channel profile is strictly rectangular;
- b) The borders of the channels are completely statistical.

In the first case, the difference in the first sweep between the contents of the channels will be not more than 2 due to the uncertainty of the start and the end of the sweeps in time. It could be seen that the difference in channel contents for both measurements (N_{2j} and N_{1j}) would be not more than 2. In this case, for $1 \ll \bar{N}$ the NRF is much less than 1.

For the second case, the standard error of counts in channels will be $\sqrt{\bar{N}}$ and therefore the maximum deviation between the results of two measurements could be near $\sqrt{\bar{N}}$. In this case, the NRF will be around 3.

2 It is said that the channel profile is good if NRF is less than 1.

7.11 System throughput (Th)

The throughput of an MCA is a measure of its counting efficiency. It provides a means to estimate the use of an MCA (or a system with an MCA) to make measurements at high count rates. The corresponding test describes the measurement procedure to determine throughput at the 90 % level. For the measurements, the corresponding peak of the pulse height distribution is set by means of the amplifier controls at 50 % of the full scale conversion pulse height. During measurements, slight spectrum distortions with count rate are ignored in these tests.

The stored pulse frequency is determined as the number of pulses stored in the memory divided by the live time. The input pulse frequency is determined as a number of pulses at the ADC or amplifier input (if the amplifier is an integral part of the MCA system) divided by the live time. The measurement report shall indicate which elements of the system were tested and what options (if any) were enabled or disabled. For simple systems, the throughput will be related to the maximum pulse frequency (see 7.8) or the dead time (see 7.7).

7.11.1 Apparatus

In accordance with 7.8.1.

7.11.2 Preparation for the test

In accordance with 7.8.2.

7.11.3 *Mode opératoire*

La sortie du générateur est reliée à l'entrée de l'analyseur. L'amplitude des impulsions est réglée de façon à générer un pic dans un canal correspondant à $0,5 A_{\max}$.

Enregistrer l'intégralité des données du canal à $0,5 f_{\max}$.

Augmenter la fréquence du générateur d'impulsions, tout en maintenant la tension de référence du générateur à une valeur constante, par incréments de $0,1 f_{\max}$ jusqu'à $0,9 f_{\max}$ et enregistrer l'intégrale des données du canal pour chaque fréquence. Si les données enregistrées sont supérieures à 90 % du débit d'entrée, augmenter alors la fréquence par paliers de $0,05 f_{\max}$ et enregistrer l'intégrale des données du canal pour chaque fréquence jusqu'à ce que le débit enregistré soit inférieur à 90 % du débit d'entrée.

7.11.4 *Traitement des données de mesure*

La capacité de traitement est définie comme le débit auquel le débit enregistré est égal à 0,9 fois celui d'entrée.

7.11.3 *Test procedure*

The output of the generator is connected to the input of the MCA. The amplitude of the pulses is adjusted to produce a peak in a channel corresponding to $0,5 A_{\max}$.

Record the integral of the channel data at $0,5 f_{\max}$.

Increase the frequency of the pulse generator, while keeping the reference voltage of the generator constant, in increments of $0,1 f_{\max}$ to $0,9 f_{\max}$ and record the integral of the channel data at each frequency. If the stored data is greater than 90 % of the input rate, then increase the frequency in $0,05 f_{\max}$ steps and record the integral of the channel data at each frequency until the stored rate is less than 90 % of the input rate.

7.11.4 *Processing of measured data*

The throughput is defined as the pulse rate at which the stored pulse rate is equal to 0,9 of that of the input.

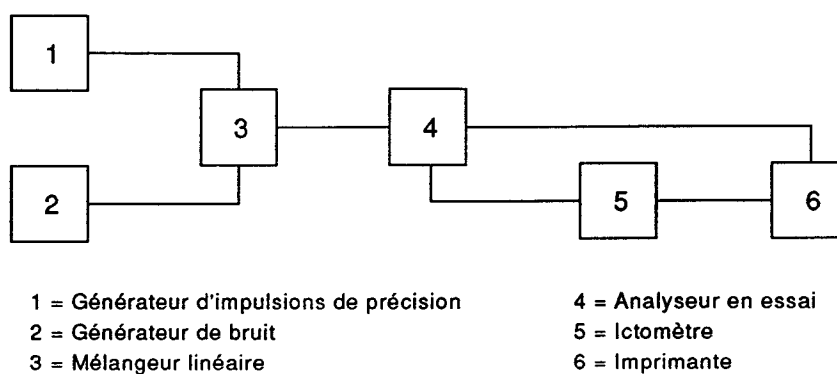


Figure 1 – Schéma fonctionnel pour la mesure des amplitudes minimale et maximale d'impulsions sur un AMC

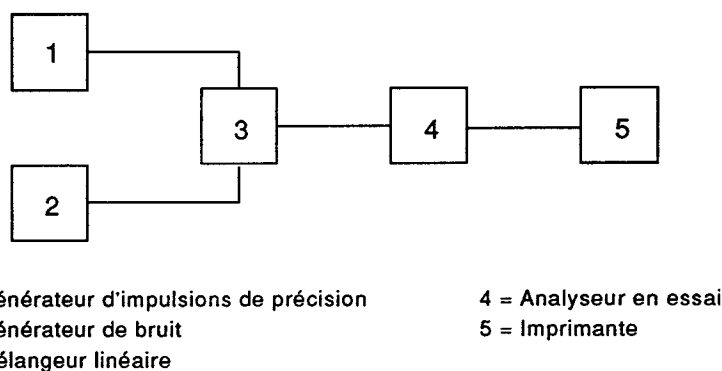
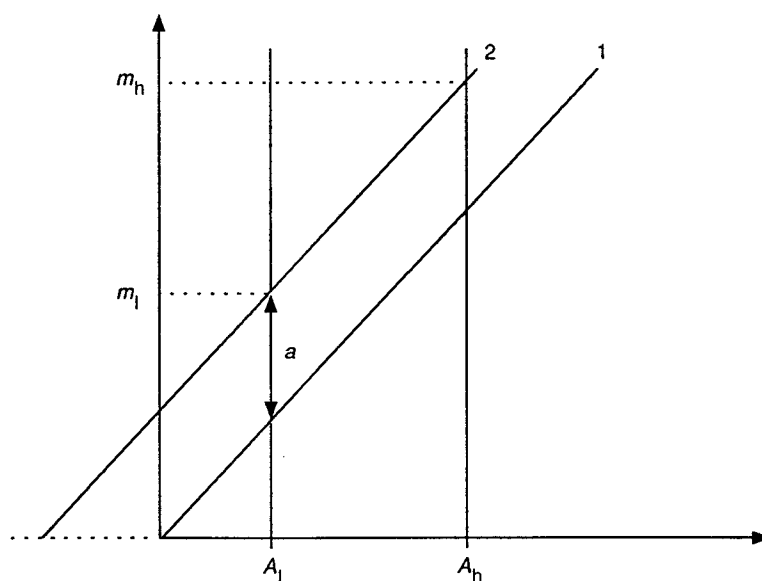


Figure 2 – Schéma fonctionnel pour la mesure de la largeur de canal, du point zéro et de la non-linéarité intégrale



1 correspond à la réponse idéale avec un seuil zéro nul
2 correspond à une réponse pratique avec seuil égal «a»

Figure 3 – Erreur principale du point zéro

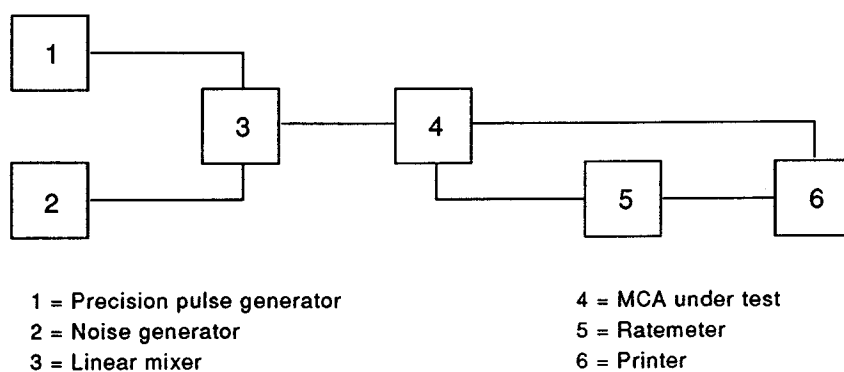


Figure 1 – Block diagram for measurement of minimum and maximum pulse heights of an MCA

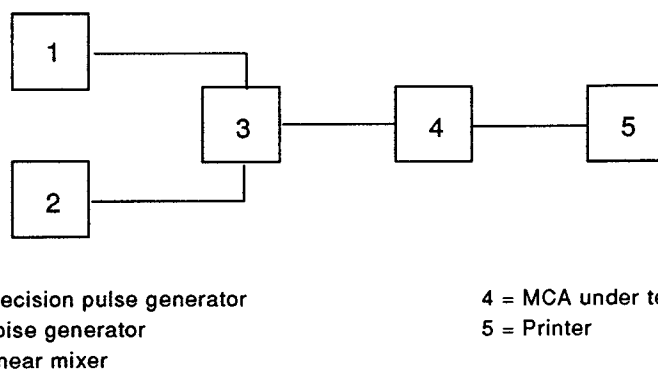
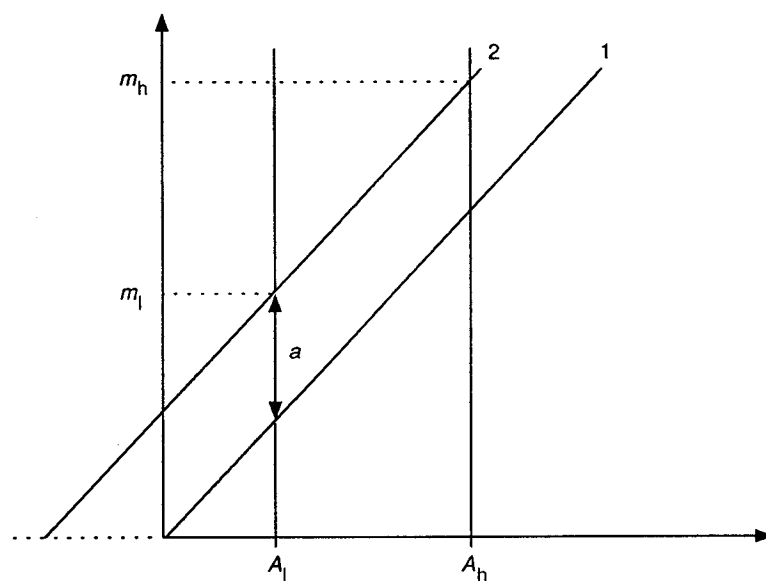


Figure 2 – Block diagram for measurement of channel width, zero point and integral non-linearity of an MCA



1 corresponds to an ideal response with a zero offset
2 corresponds to an actual response with an offset equal to "a"

Figure 3 – Main error of the zero point

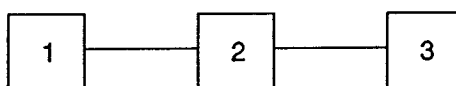


Figure 4a - Schémas fonctionnels pour la mesure de la non-linéarité différentielle des analyseurs - Méthode générale

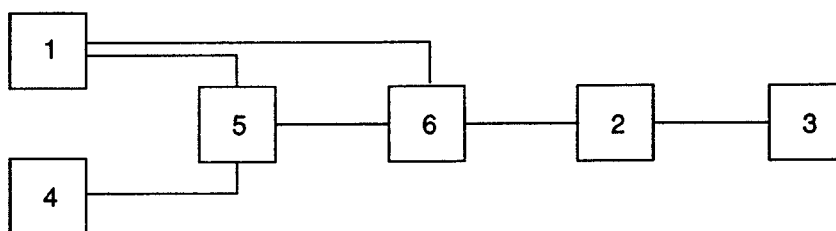


Figure 4b - Schéma utilisable quand on ne peut pas ajouter une source réglable de courant continu à la rampe d'impulsions

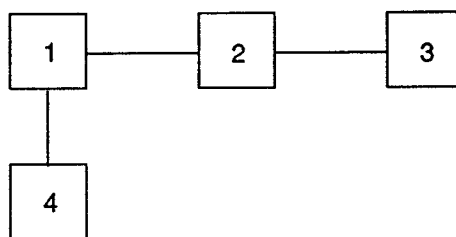


Figure 4c - Schéma utilisable quand une source réglable de courant continu peut être ajoutée à la rampe d'impulsions

- | | |
|-----------------------------------|--|
| 1 = Générateur rampe d'impulsions | 4 = Source réglable de courant continu |
| 2 = Analyseur en essai | 5 = Mélangeur linéaire |
| 3 = Imprimante | 6 = Porte linéaire |

Figure 4 - Schémas fonctionnels pour la mesure de la non-linéarité différentielle des analyseurs

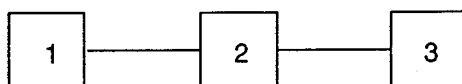


Figure 4a – Block diagram for the measurement set-up of differential non-linearity of an MCA – General method

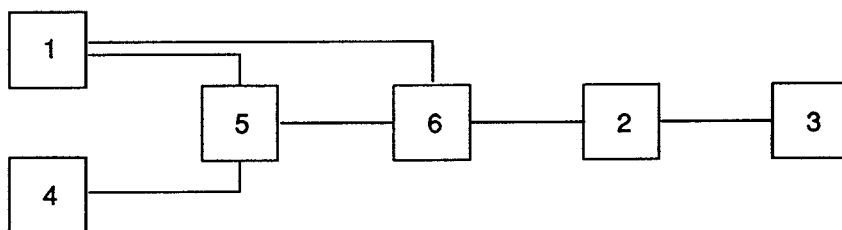


Figure 4b – Block diagram used when the ramp generator has no ability to add a d.c. voltage to the ramp

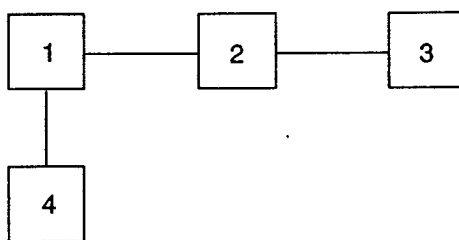


Figure 4c – Block diagram used when a d.c. offset voltage could be added to the ramp

- | | |
|--------------------|----------------------------|
| 1 = Ramp generator | 4 = Adjustable d.c. source |
| 2 = MCA under test | 5 = Linear mixer |
| 3 = Printer | 6 = Linear gate |

Figure 4 – Block diagram for measurement set-up of differential non-linearity of an MCA

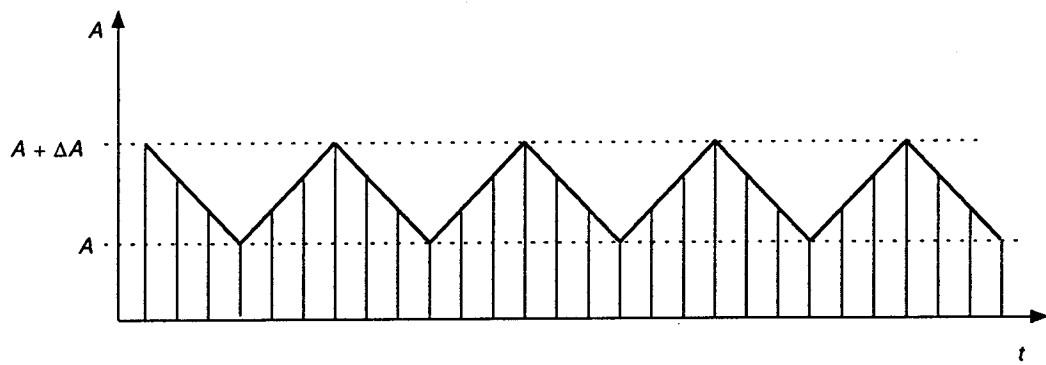


Figure 5 – Oscillogramme simplifié représentant les changements dans le temps de la hauteur des impulsions issues d'un générateur de rampe

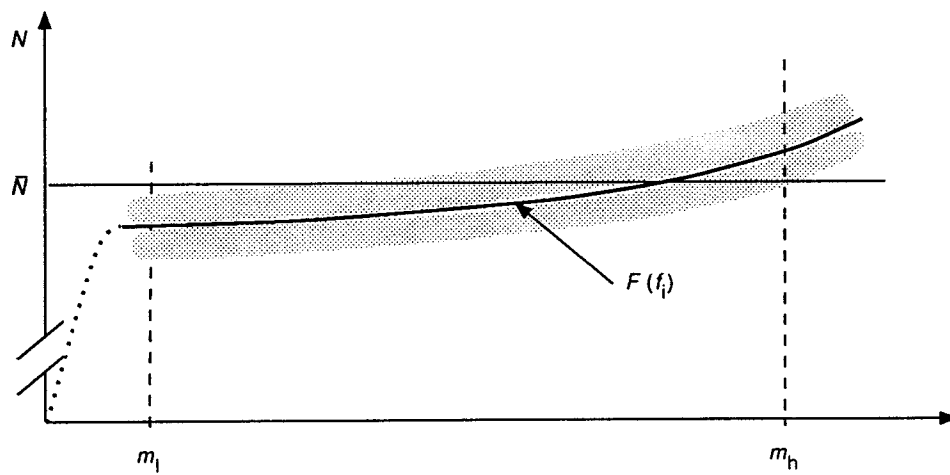


Figure 6 – Le spectre résultant

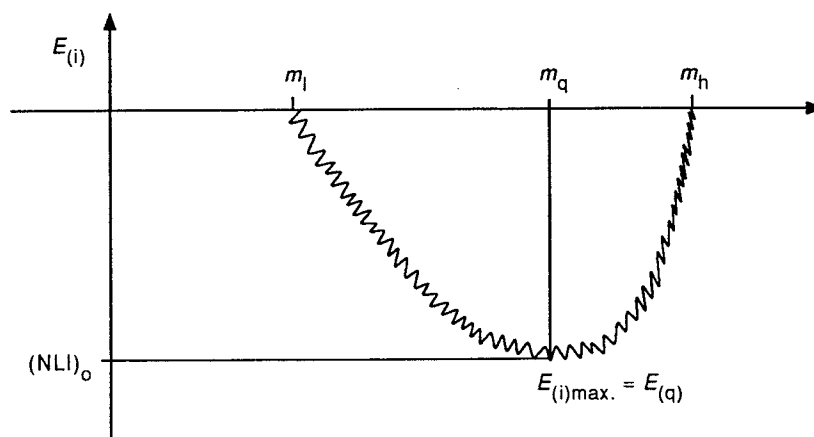


Figure 7 – L'erreur Intégrale $E_{(i)}$

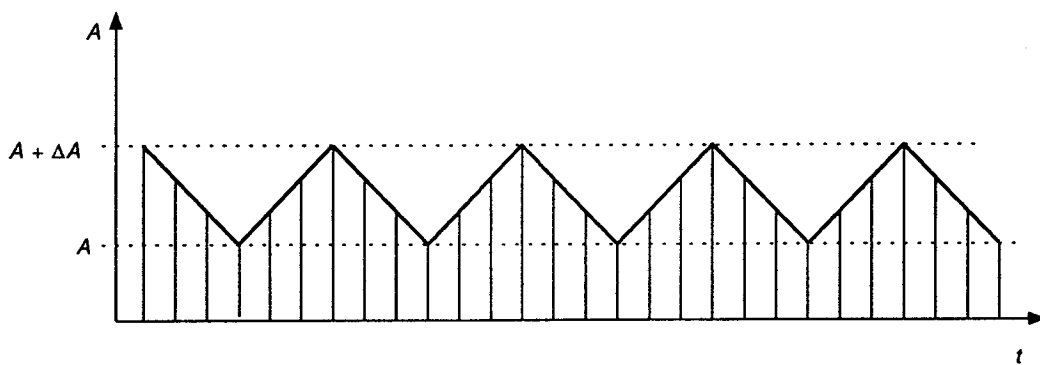


Figure 5 – A simplified oscillogram representing the changes of the pulse height of the ramp generator in time

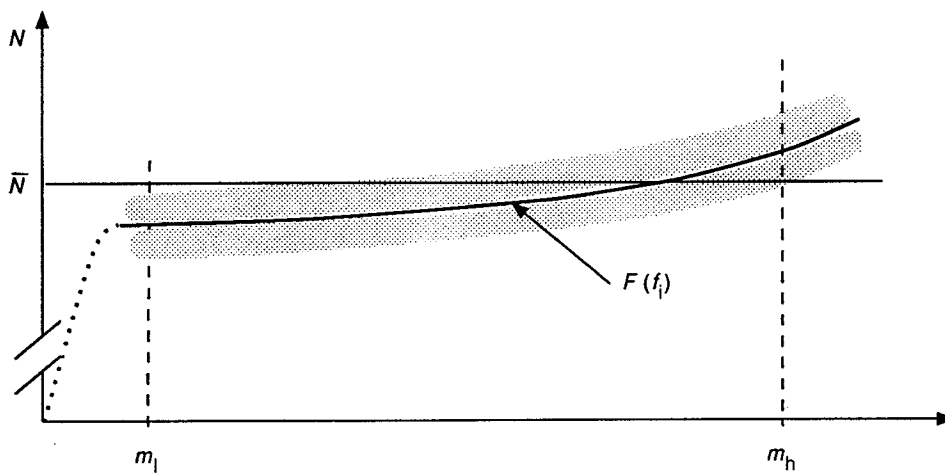


Figure 6 – The resulting spectrum

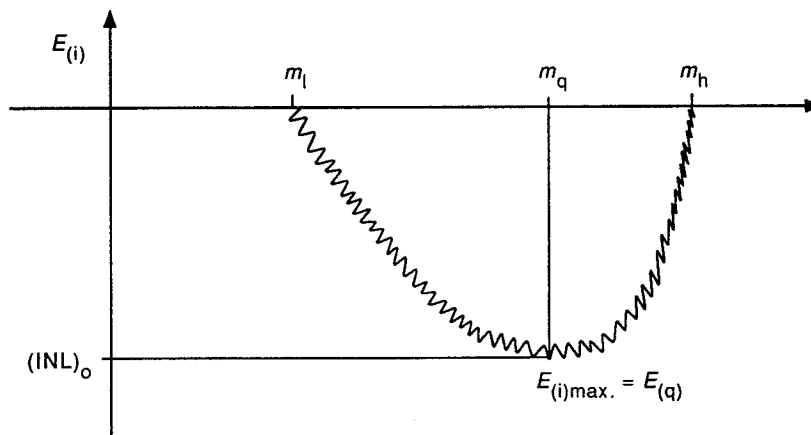
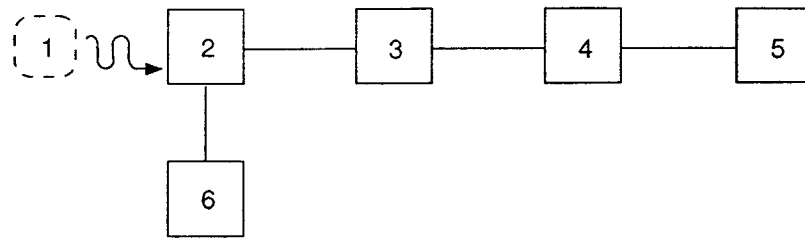


Figure 7 – The error function $E_{(i)}$



- | | |
|--|--------------------------------|
| 1 = Source radioactive ^{137}Cs | 4 = Amplificateur à seuil |
| 2 = Sonde de compteur à scintillations | 5 = Analyseur en essai |
| 3 = Amplificateur spectrométrique | 6 = Alimentation haute tension |

Figure 8a – Schéma fonctionnel pour la mesure de la non-linéarité différentielle d'un analyseur multicanal

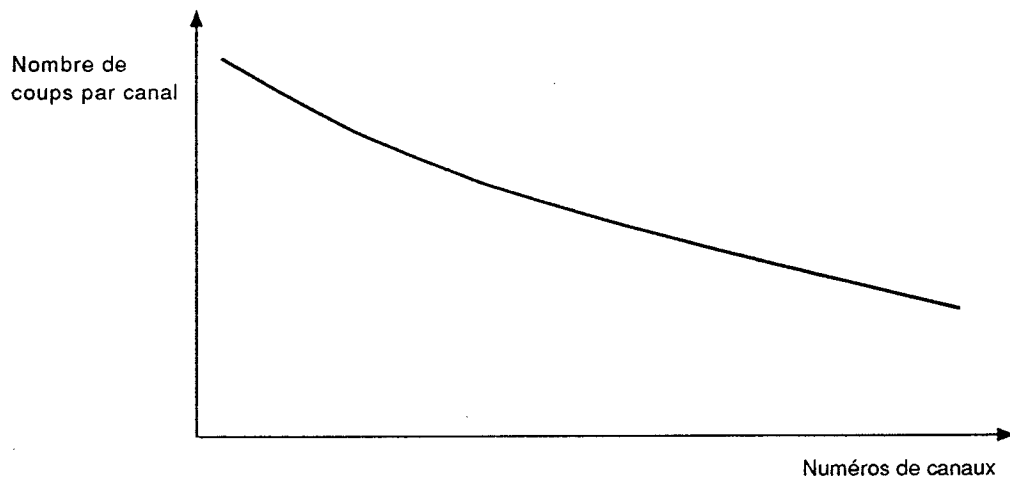
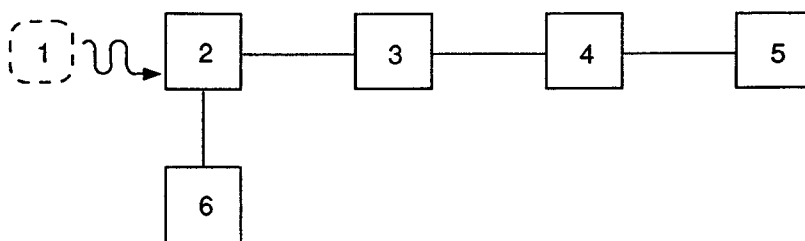


Figure 8b – Forme du spectre utilisée pour déterminer la NLD

Figure 8 – Méthode du compteur à scintillation pour la mesure de la non-linéarité différentielle d'un analyseur multicanal



1 = Radioactive source ^{137}Cs
 2 = Scintillation counter probe
 3 = Amplifier

4 = Biased amplifier
 5 = MCA under test
 6 = High voltage supply

Figure 8a – Block diagram for measurement of the MCA DNL

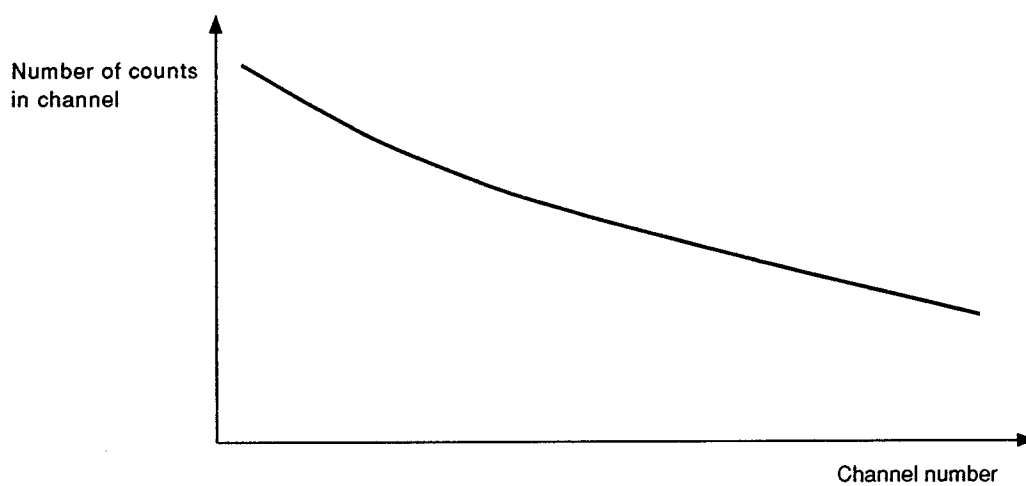
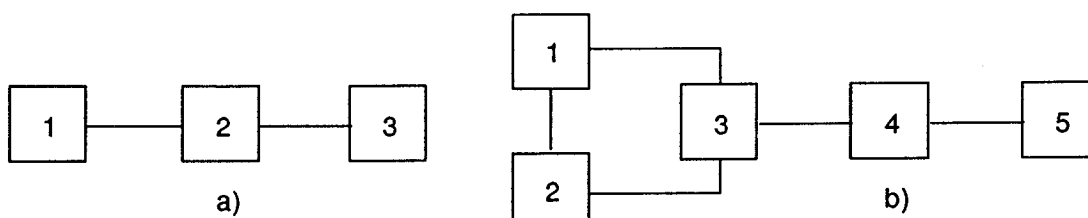


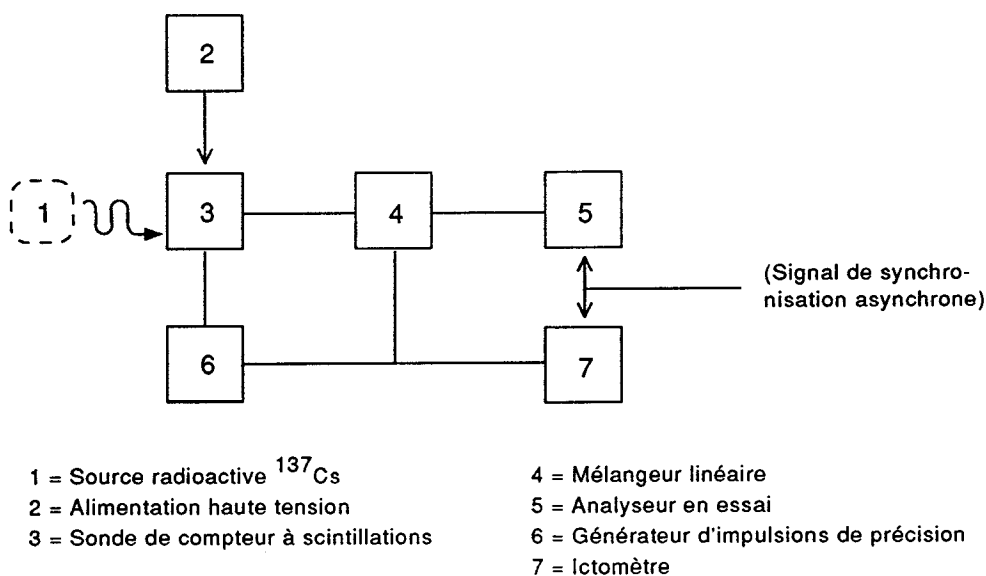
Figure 8b – Shape of the spectrum, used to determine the DNL

Figure 8 – Scintillation counter method for determining the MCA DNL



- a) 1 = Générateur d'impulsions doubles
2 = Analyseur en essai
3 = Imprimante
- b) 1 et 2 = Générateur d'impulsions
3 = Mélangeur linéaire
4 = Analyseur en essai
5 = Imprimante

Figure 9a - Méthode principale



- 1 = Source radioactive ^{137}Cs
2 = Alimentation haute tension
3 = Sonde de compteur à scintillations
- 4 = Mélangeur linéaire
5 = Analyseur en essai
6 = Générateur d'impulsions de précision
7 = Ictomètre

Figure 9b - Méthode subsidiaire

Figure 9 - Schémas fonctionnels pour la mesure du temps mort

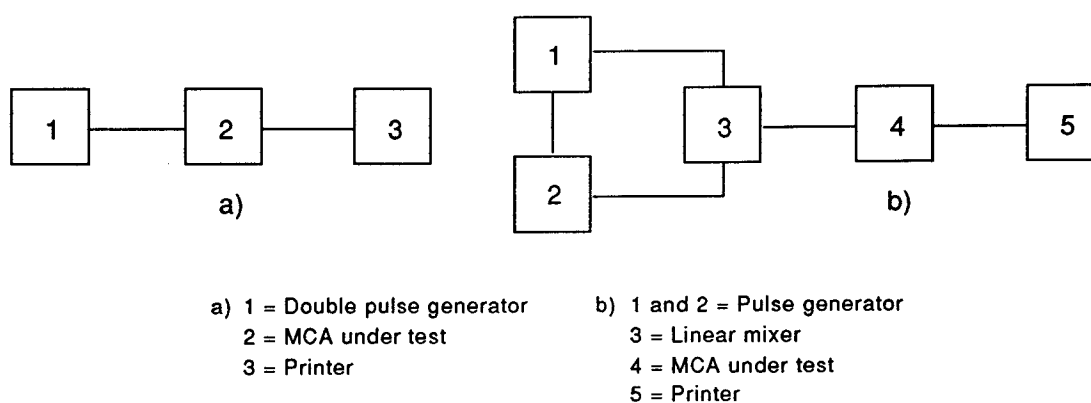


Figure 9a - Main method

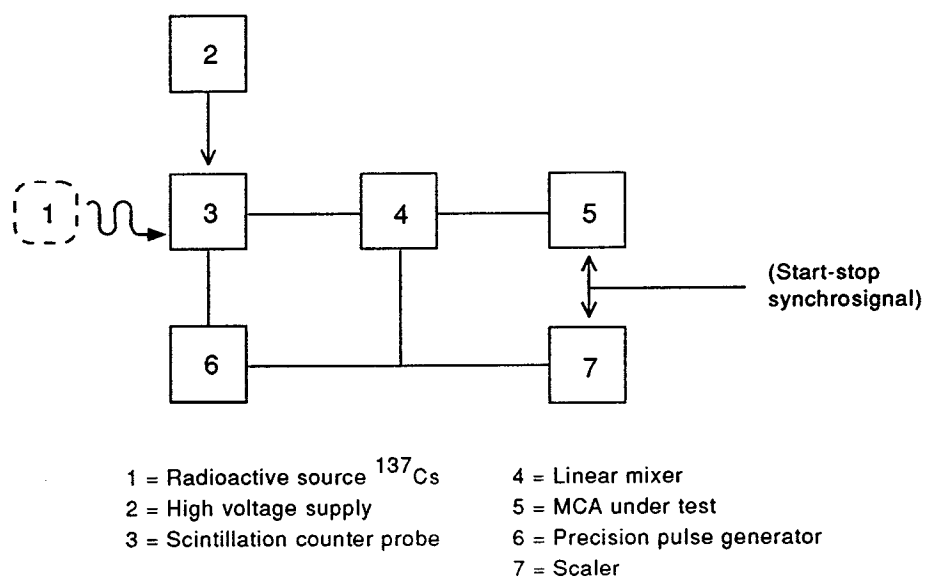
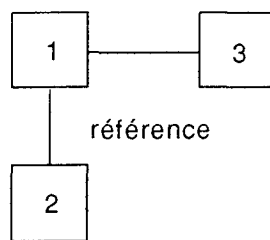


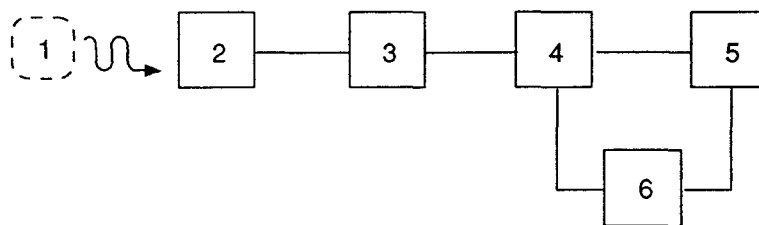
Figure 9b - Subsidiary method

Figure 9 - Block diagrams for dead time measurement



- 1 = Générateur d'impulsions de précision
 2 = Voltmètre numérique
 3 = Analyseur en essai

Figure 10 – Schéma fonctionnel pour la mesure de la fréquence d'impulsions maximale



- | | |
|---------------------------------------|---|
| 1 = Source radionucléide | 4 = Analyseur en essai |
| 2 = Détecteur | 5 = Dispositif de commande et de traitement |
| 3 = Préamplificateur et amplificateur | 6 = Echelle de comptage |

Figure 11 – Schéma fonctionnel pour la mesure de l'erreur du temps mort

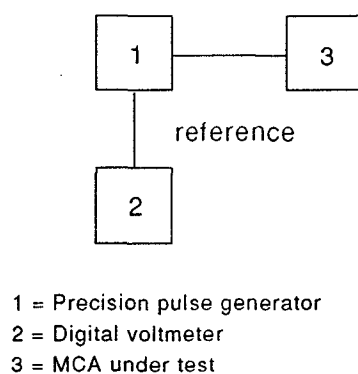


Figure 10 – Block diagram for measurement of maximum pulse frequency

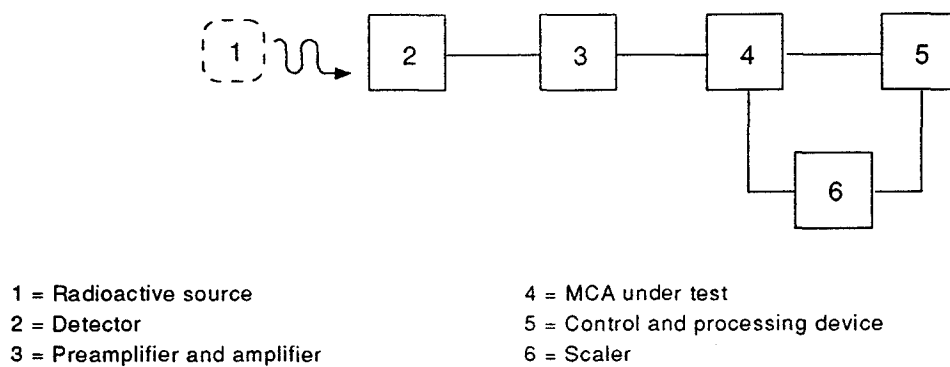


Figure 11 – Block diagram for measurement of dead time correction error

Annexe A
(informative)

**Valeurs à base technique des paramètres de spécifications
pour les analyseurs multicanaux d'amplitude –**

Indications relatives à la sélection des spécifications AMC

Le but de la présente annexe est d'aider l'utilisateur d'un AMC à choisir des spécifications AMC appropriées pour certains types d'applications. Dans de nombreux cas, la meilleure spécification possible selon les règles de l'art, n'est pas nécessaire et ne sert qu'à augmenter les coûts sans apporter d'amélioration significative dans le résultat final. Dans le tableau A.1, des spécifications relatives aux performances minimales et adéquates ont été regroupées en quatre grandes catégories d'utilisation. Ces catégories ne sont pas destinées à définir, de façon stricte, les spécifications relatives à quatre classes d'analyseurs multicanaux, puisqu'il est évident qu'on ne peut pas toujours classer avec précision l'utilisation ou l'application finale. Cependant, dans tous les cas où la qualité d'une spécification relative à un analyseur multicanaux est très supérieure à ce qui est énuméré dans le tableau pour la catégorie d'utilisation finale correspondante la plus adaptée, il est recommandé à l'utilisateur de juger si l'augmentation du coût résultante est justifiée ou non.

Tableau A.1 – Prescriptions de performances

Paramètre ou caractéristique	Groupe d'analyseurs			
	Pour une utilisation en laboratoires de recherche	A usage général	Portatifs	Autres ¹⁾
1	2	3	4	5
1) Nombre de canaux de mémoire; K (K = 1024)	8 ou plus	4 ou 8 ou 16	1 ou 2 ou 4 ou 8	0,1 ou 0,25, ou 0,5 ou 1 ou 2 ou 4
2) Capacité maximale de canal; (2 ⁿ – 1)	23 ou plus	23 ou plus	16 ou plus	16 ou plus
3) Nombre maximal de niveaux de quantification, K	4, 8, 16	4, 8	0,5; 1; 2; 4	0,1; 0,25; 0,5; 1; 2; 4
4) Amplitudes du signal mesuré maximales, V	(5), 10	(5), 10	(5), 10	(5), 10
5) Instabilité de largeur de canal pendant 24 heures de fonctionnement continu, mV, inférieur à	± 0,06	± 0,1	± 0,1	± 0,2
6) Erreur complémentaire de largeur de canal due aux variations de température % / °C, inférieure à	0,03	0,05	0,05	0,2
Voir note, page 90				

(suite)

Annex A (informative)

Technically based values of parameters of multichannel pulse height analyzers –

Guidelines for selection of MCA specifications

The purpose of this annex is to aid the MCA user in the selection of appropriate MCA specifications for certain types of applications. In many instances, the best possible state-of-the-art specification is not needed and serves only to increase the cost without providing significant improvement in the final result. In table A.1, suggested minimum but adequate performance specifications have been grouped into four broad categories of end use. These categories are not intended to rigidly define the specifications for four classes of MCA since it is obvious that the use or application cannot always be so precisely categorized. However, in any case where an MCA specification is significantly better than what is listed in the table for the most appropriate matching end use category, the user should consider whether the resulting increase in cost is justified.

Table A.1 – Performance specifications

Parameter or characteristic	Group of analyzers			
	For research laboratory use	General purpose	Portable	Other ¹⁾
1	2	3	4	5
1) Number of memory channels; K (K = 1024)	8 or more	4 or 8 or 16	1 or 2 or 4 or 8	0,1 or 0,25, or 0,5 or 1 or 2 or 4
2) Maximum channel capacity; (2 ⁿ – 1)	23 or more	23 or more	16 or more	16 or more
3) Maximum number of quantization level, K	4, 8, 16	4, 8	0,5; 1; 2; 4	0,1; 0,25; 0,5; 1; 2; 4
4) Maximum measured signal pulse heights, volts (V)	(5), 10	(5), 10	(5), 10	(5), 10
5) Channel width instability during 24 h of continuous operation, mV, less than	± 0,06	± 0,1	± 0,1	± 0,2
6) Additional error of the channel width due to temperature changes; % / °C, less than	0,03	0,05	0,05	0,2
See note page 91				

(continued)

Tableau A.1 – Prescriptions de performances (suite)

Paramètre ou caractéristique	Groupe d'analyseurs			
	Pour une utilisation en laboratoires de recherche	A usage général	Portatifs	Autres ¹⁾
1	2	3	4	5
7) Instabilité du point zéro pendant 24 heures de fonctionnement continu a) mV b) rapportée à un pourcentage de signal d'entrée de 10 V	0,5 ± 0,005	1,0 ± 0,01	1,0 ± 0,01	5,0 ± 0,05
8) Erreur complémentaire du point zéro due aux variations de température, inférieure à a) mV/°C b) rapportée à un pourcentage du signal d'entrée de 10 V, % / °C	0,25 ± 0,0025	0,5 ± 0,005	0,5 ± 0,005	5,0 ± 0,025
9) Non-linéarité intégrale (à 99 % de l'échelle); %, inférieure à	± 0,025	± 0,05	± 0,05	± 0,1
10) Non-linéarité différentielle (à 99 % de l'échelle); %, inférieure à	± 0,7	± 0,7	± 1,0	± 2,0
11) Taux de comptage maximal des impulsions d'entrée; s ⁻¹ , valeur minimale ²⁾	10 ⁵	10 ⁵	n.10 ⁴	+
12) Temps de conversion a) fréquence d'horloge; MHz b) temps de conversion fixe; µs, valeur maximale	100 – 400 10	100 – 200 10	50 – 100 30	+
13) Erreur de correction du temps actif à un taux de comptage des impulsions d'entrée spécifié (le taux de comptage doit se situer de préférence entre 10 ³ et 10 ⁴ cps)	1	2	5	5
14) Temps d'échauffement préalable, min, valeur maximale	30	30	+	+
15) Puissance absorbée ³⁾ (à l'exception du calculateur et des dispositifs extérieurs), VA, valeur maximale	500	500	+ ⁴⁾	+
16) Masse et dimensions (à l'exception du calculateur et des dispositifs extérieurs), valeurs maximales	kg mm + +	+ +	10 ⁵⁾ +	+ +
Voir notes, page 90				

(suite)

Table A.1 – Performance specifications (continued)

Parameter or characteristic	Group of analyzers			
	For research laboratory use	General purpose	Portable	Other ¹⁾
1	2	3	4	5
7) Zero point instability during 24 h of continuous operation; a) mV b) referred to a percentage of 10 V input signal	0,5 ± 0,005	1,0 ± 0,01	1,0 ± 0,01	5,0 ± 0,05
8) Additional error of the zero point due to temperature changes, less than a) mV/°C b) referred to a percentage of 10 V input signal, % / °C	0,25 ± 0,0025	0,5 ± 0,005	0,5 ± 0,005	5,0 ± 0,025
9) Integral non-linearity (at 99 % of the scale); %, less than	± 0,025	± 0,05	± 0,05	± 0,1
10) Differential non-linearity (at 99 % of the scale); %, less than	± 0,7	± 0,7	± 1,0	± 2,0
11) Maximum input pulse count rate, s ⁻¹ , minimum value ²⁾	10 ⁵	10 ⁵	n. 10 ⁴	+
12) Conversion time a) clock frequency; MHz b) fixed conversion time; µs, not more	100 – 400 10	100 – 200 10	50 – 100 30	++
13) Live time correction error at specified input pulse count rate (preferable count rate should be in the range 10 ³ – 10 ⁴ cps)	1	2	5	5
14) Warm-up, min, not more	30	30	+	+
15) Power consumption ³⁾ (excluding computer and external devices), VA, not more	500	500	+ ⁴⁾	+
16) Mass kg dimensions mm (excluding computer and external devices), not more	++	++	10 ⁵⁾ +	++
See notes, page 91				

(continued)

Tableau A.1 – Prescriptions de performances (fin)

Paramètre ou caractéristique	Groupe d'analyseurs			
	Pour une utilisation en laboratoires de recherche	A usage général	Portatifs	Autres ¹⁾
1	2	3	4	5
17) Logiciel (facultatif)				
– micro-logiciels	(+)	(+)	+	(+)
– programme d'essai des unités de fonction	+	+	(+)	(+)
– programme d'étalonnage d'énergie	+	+	+	(+)
– programme pour l'identification de pics	(+)	(+)	(+)	(+)
– programme pour la détermination de la résolution d'énergie	(+)	(+)	(+)	(+)
– programme pour la détermination de l'aire brute de pics	+	+	(+)	(+)
– programme pour la détermination de l'activité radionucléide	(+)	(+)	(+)	(+)
18) Moyens et capacités complémentaires de l'analyseur:				
– possibilité d'être relié au calculateur externe	+	+	(+)	(+)
– mode de terminal à distance relié au calculateur central	+	+	(+)	–
– possibilité d'accéder au calculateur interne pour un développement indépendant	(+)	(+)	(+)	(+)
– mémorisation sur la bande magnétique	–	–	(+)	–
– mémorisation de disquette	+	+	(+)	(+)
– autres dispositifs périphériques	imprimante écran	imprimante écran	(imprimante) écran	(imprimante) écran
– possibilité de fonctionner dans un mode bidimensionnel	+	(+)	(+)	(+)
19) Conditions de fonctionnement	+	+	+	+
Désignations: + – est un paramètre ou une caractéristique obligatoire (+) – est un paramètre ou une caractéristique recommandé(e) – – est un paramètre ou une caractéristique non requis(e)				
1) Par exemple, à des fins éducatives, des applications non nucléaires, etc. 2) Il est recommandé d'indiquer le décalage de la position du pic, dans les spécifications; $1 < n < 10$. 3) A la tension d'alimentation. 4) Le type de piles et le temps de fonctionnement continu avec un jeu de piles doivent être spécifiés. 5) Poids y compris la source d'alimentation interne.				

Table A.1 – Performance specifications (concluded)

Parameter or characteristic	Group of analyzers			
	For research laboratory use	General purpose	Portable	Other ¹⁾
1	2	3	4	5
17) Software (optional)				
– firmware	(+)	(+)	+	(+)
– test program of function units	+	+	(+)	(+)
– energy calibration program	+	+	+	(+)
– program for peak search	(+)	(+)	(+)	(+)
– program for energy resolution determination	(+)	(+)	(+)	(+)
– program for peak gross area determination	+	+	(+)	(+)
– program to determine radionuclide activity	(+)	(+)	(+)	(+)
18) Additional means and capabilities of the analyzer:				
– ability to be connected with the external computer	+	+	(+)	(+)
– mode of remote terminal in relation to the central computer	+	+	(+)	–
– ability to access internal computer for independent development	(+)	(+)	(+)	(+)
– magnetic tape storage	–	–	(+)	–
– removable disk storage	+	+	(+)	(+)
– other peripheral devices	printer display	printer display	(printer) display	(printer) display
– ability to operate in a bidimensional mode	+	(+)	(+)	(+)
19) Operating conditions	+	+	+	+
Designations:				
+ – is an obligatory parameter				
(+) – is a desirable parameter				
– – is a parameter which is not required				
1) For example, for educational purposes, non-nuclear applications, etc.				
2) The peak shift should be stated in the specifications: $1 < n < 10$.				
3) From power supply.				
4) Type of batteries and time of continuous operation with one set of batteries is to be specified.				
5) Weight including internal power supply.				

Annexe B (informative)

Calcul du centre et de la largeur des raies gamma

B.1 Définition du centre de raie

B.1.1 La première méthode (centre du moment)

$$m_p = \frac{\sum_{i=1}^h m_i N_i}{\sum_{i=1}^h N_i}$$

où

m_p est le canal correspondant au centre de raie;

m_i est le numéro de canal;

N_i sont les coups nets dans le canal m_i ;

m_l est le numéro d'intégration de canal inférieur;

m_h est le numéro d'intégration de canal supérieur.

Il est possible de choisir m_l et m_h approximativement symétriques au canal avec le nombre de coups maximal. Habituellement m_l et m_h correspondent aux numéros de canaux dans lesquels le nombre de coups est très proche du nombre de coups au maximum du pic: ($\sim 0,1 N(m_{\max})$).

B.1.2 La seconde méthode

Cette méthode est fondée sur les propriétés de distribution normale (gaussienne).

Si l'on suppose que le pic est adapté à la distribution normale, le pic complet peut être déterminé comme suit:

$$N_i = N_{\max} \times \exp \left[- \frac{(m_i - m_p)^2}{2\sigma^2} \right]$$

où

$N_{\max}$ est le nombre maximal de coups dans le canal correspondant à l'apex du pic;

m_p est le canal correspondant à l'apex du pic;

σ est l'écart type statistique.

Le logarithme du taux de comptage dans deux canaux adjacents est déterminé comme suit:

$$\ln \frac{N_i}{N_{i+1}} = \frac{m_i}{\sigma^2} - \frac{2 m_p - 1}{2\sigma^2} = A m_i - B$$

où

$$A = \frac{1}{\sigma^2}$$

$$B = \frac{2 m_p - 1}{2\sigma^2}$$

Annex B (informative)

Calculation of the positions (modal channel) of spectral lines

B.1 Determination of the peak position

B.1.1 The first method (centre of moment)

$$m_p = \frac{\sum_{i=1}^n m_i N_i}{\sum_{i=1}^n N_i}$$

where

m_p is the modal channel corresponding to the peak position;

m_i is the channel number;

N_i is the net count in channel m_i ;

m_l is the lower channel number of summing;

m_h is the higher channel number of summing.

m_l and m_h may be chosen approximately symmetrical to the channel with the maximum count. Usually m_l and m_h corresponding to channel numbers where the number of counts is very close 1/10 of the number of counts in the maximum of the peak: ($\sim 0,1 N(m_{\max})$).

B.1.2 The second method

This method is based on the normal (Gaussian) distribution properties.

If we assume that the peak can be described by the normal distribution then:

$$N_i = N_{\max} \times \exp \left[- \frac{(m_i - m_p)^2}{2\sigma^2} \right]$$

where

$N_{\max}$ is the maximum number of counts in the channel corresponding to the apex of the peak;

m_p is the channel corresponding to the apex of the peak;

σ is the statistical standard deviation.

The logarithm of the ratio of the counts in two adjacent channels is determined as:

$$\ln \frac{N_i}{N_{i+1}} = \frac{m_i}{\sigma^2} - \frac{2 m_{p-1}}{2\sigma^2} = A m_i - B$$

where

$$A = \frac{1}{\sigma^2}$$

$$B = \frac{2 m_{p-1}}{2\sigma^2}$$

On peut facilement voir si ce logarithme de taux de comptage est égal à zéro, c'est-à-dire:

$$\ln \frac{N_i}{N_{i+1}} = 0, \text{ alors } m_i = \frac{B}{A}$$

Cela signifie que deux canaux adjacents ont le même nombre de coups et la position de pic est par conséquent:

$$m_{\max} = \frac{B}{A} + \frac{1}{2}$$

Pour déterminer A et B , on trace habituellement un graphique représentant une fonction:

$$\ln \frac{N_i}{N_{i+1}} = f(m_i)$$

Habituellement, on utilise une partie symétrique du pic. On trace une ligne passant par les points mesurés et on détermine le point d'intersection. Ce point correspond à la position du pic. Pour augmenter la précision de cette méthode, il est possible de rapporter une droite à l'ensemble de points en appliquant la méthode des moindres carrés. Le poids statistique pour chaque point du pic est le même (il est généralement égal à 1).

NOTE – Il est possible d'utiliser d'autres méthodes. Par exemple, la méthode fondée sur la détermination du point où la dérivée première est égale à zéro, la méthode fondée sur la détermination du point où la dérivée seconde atteint sa valeur minimale, la méthode d'intercorrélation, la méthode d'ajustement des courbes, etc.

If the logarithm of the count rate ratio is equal to zero:

$$\ln \frac{N_i}{N_{i+1}} = 0, \text{ then } m_i = \frac{B}{A}$$

That means that two adjacent channels have the same number of counts and hence the peak position is:

$$m_{\max} = \frac{B}{A} + \frac{1}{2}$$

To determine A and B usually a graph is drawn of the function:

$$\ln \frac{N_i}{N_{i+1}} = f(m_i)$$

In practice, a symmetric portion of the peak is used. Through the experimental points a straight line is drawn and the intersection point of the line and axis with channel numbers m_i is determined. This point corresponds to the peak position. To increase the precision of the method, a straight line may be fitted to the set of points by the least squares method. The statistical weight for each point of the peak is the same (usually equals to 1).

NOTE – Additional methods may be used. For example, the method based on determining where the first derivative equals zero, the method based on the determining where the second derivative reaches its minimum, cross-correlation method, curve-fitting method, etc.

Annexe C (informative)

Méthode auxiliaire pour mesures de la NLD locale

C.1 Appareillage

- a) Un générateur d'impulsions tel que décrit en 7.5.1.1 a), qui produit des impulsions à distribution uniforme d'amplitude sur une plage limitée (par exemple de A à $A + \Delta A$, voir figure 5). Un tel générateur peut se composer d'un générateur de rampe, d'une source de courant continu ajustable, d'un mélangeur linéaire ou d'une porte linéaire (voir figure 4b). Un mélangeur linéaire peut être évité si le générateur de rampe et la source continue réglable sont flottants (non connectés à la terre) et peuvent être branchés en série (voir figure 4c).
- b) Un appareil de sortie adapté.

C.2 Préparation de l'essai

Le schéma de montage est indiqué en figure 4b ou 4c.

C.3 Procédure d'essai

L'analyseur est utilisé en mode d'analyse d'amplitude à pleine gamme de mesure. Pour gagner du temps lors de la mesure, il est possible de n'effectuer l'essai que sur quelques régions de la gamme complète.

On doit choisir les régions les plus critiques de la gamme du convertisseur analogique-numérique, telles que région de signal minimal, région de signal maximal ainsi qu'une région intermédiaire. Par exemple, pour un convertisseur analogique-numérique à 16 000 canaux, les essais peuvent porter sur trois régions de 1 000 canaux chacune, situées dans les parties basse, moyenne et haute de la gamme complète correspondante.

Les valeurs minimale (A) et maximale ($A + \Delta A$) de l'amplitude sont fixées de manière à recouvrir les régions ci-dessus.

Le temps de mesure pour chaque région est déterminé de manière à atteindre un nombre de coups par canal compatible avec une bonne précision statistique de la mesure.

Les données de mesures, c'est-à-dire le nombre de coups N_i dans chaque canal de la région de l'analyseur, sont imprimées.

C.4 Traitement des données de mesure

La non-linéarité différentielle locale, exprimée en pourcentage, est déterminée comme suit:

$$(NLD)_i = \pm 100 \frac{|N_i - \bar{N}_L|}{\bar{N}_L}$$

où

N_i est la valeur du nombre de coups N_i pour lequel la valeur absolue de la différence ($N_i - \bar{N}_L$) est maximale;

$\bar{N}_L$ est la moyenne du nombre de coups par canal, pour la région d'intérêt choisie.

Annex C (informative)

Subsidiary method for local DNL measurements

C.1 Apparatus

a) A pulse generator as described in 7.5.1.1 a), which produces pulses with uniform pulse height distribution over a limited range (e.g. from A to $A + \Delta A$, see figure 5). Such a generator may consist of a ramp generator, an adjustable d.c. source, a linear mixer and a linear gate (see figure 4b). A linear mixer is unnecessary if the ramp generator and the adjustable d.c. source are floating (not connected to ground) and can be connected in series (see figure 4c).

b) A suitable output device.

C.2 Preparation for the test

The circuit diagram of a test set-up is given in figure 4b or 4c.

C.3 Test procedure

The MCA is switched to the analysis mode at the full pulse height measurement range. In order to save measurement time, only a few regions of the full range are tested.

The more critical regions of the ADC range shall be chosen usually at the beginning and the end of the signal range, as well as a region located in the middle part of the range. For instance, if a 16 000 channel ADC is considered, three regions of 1 000 channels each can be tested, located in the lower, middle and higher part of the full range respectively.

Minimum value of pulse height (A) and maximum value ($A + \Delta A$) are set so as to cover the above-mentioned regions.

The measurement time for each region is so determined as to reach a number of counts per channel compatible with sufficient statistical accuracy of measurement.

The measurement data, i.e. the number of counts in each channel of the MCA region, N_j , are printed.

C.4 Processing of measured data

The local differential non-linearity, expressed as a percentage, is determined as:

$$(\text{DNL})_i = \pm 100 \frac{|N_i - \bar{N}_L|}{\bar{N}_L}$$

where

N_i is the number of counts N_j at which the absolute value of the difference ($N_i - \bar{N}_L$) is at its maximum;

$\bar{N}_L$ is the mean number of counts per channel for the chosen region of the range.

La plus grande des trois valeurs $(NLD)_i$ calculées est une estimation de la non-linéarité différentielle de l'analyseur.

C.5 Variation de la non-linéarité différentielle locale due aux variations de température

La variation de la non-linéarité différentielle locale due aux variations de température est calculée conformément à 7.5.1.5 et C.4.

C.6 Variation de la non-linéarité différentielle locale due aux variations de tension d'alimentation

La variation de la non-linéarité différentielle locale due aux variations de tension d'alimentation est calculée conformément à 7.5.1.6 et C.4.

The maximum of the three calculated values $(DNL)_I$ is an estimate of the differential non-linearity of the MCA.

C.5 Change of local differential non-linearity due to temperature changes

The change of local differential non-linearity due to temperature changes is calculated in accordance with 7.5.1.5 and C.4.

C.6 Change of local differential non-linearity due to supply voltage changes

The change of local differential non-linearity due to supply voltage changes is calculated in accordance with 7.5.1.6 and C.4.

Annexe D (informative)

Une méthode de vérification rapide

D.1 Appareillage

Conformément à 7.5.1.1.

D.2 Préparation de l'essai

Conformément à 7.5.1.2.

D.3 Mode opératoire

Si pendant un contrôle final effectué à l'issue de quelques heures de mémorisation de spectre il apparaît qu'il est possible que la NLD se trouve dans le domaine spécifié, il est possible d'utiliser une procédure spéciale. La mémoire est branchée de telle façon que le spectre est stocké dans le sous-groupe d'une mémoire, par exemple 128 ou 256 canaux. Dans ce cas, le temps nécessaire pour accumuler les spectres à grandes statistiques sera plus court. (Pour notre exemple le gain de temps sera égal à $8K/256 = 32$, $8K/128 = 64$ à l'avenant.) Si la non-linéarité différentielle se trouve dans les limites du domaine spécifié, les résultats d'essai sont corrects. La taille du sous-groupe de mémoire doit impérativement être indiquée dans la documentation de l'analyseur.

Si l'analyseur n'a pas la possibilité de diviser la mémoire en certains sous-groupes, les données peuvent être traitées par un calculateur. Dans ce cas, il est possible d'effacer les éléments binaires les plus significatifs du nombre de canaux (adresse) et il est recommandé de reconstruire les spectres avec de nouveaux nombres de canaux déterminés par les éléments binaires les moins significatifs. De cette façon le spectre sera resserré dans le sens horizontal mais le nombre de coups avec le même nombre de canaux serait ajouté. Il est possible de remarquer que l'aire des nouveaux spectres (somme totale des coups) est la même que l'aire initiale. Cet essai est principalement utilisé pour estimer la NLD.

D.4 Traitement des données

Conformément à 7.5.1.4.

Annex D (informative)

A quick DNL checking method

D.1 Apparatus

In accordance with 7.5.1.1.

D.2 Preparation for the test

In accordance with 7.5.1.2.

D.3 Test procedure

If during a check-up made after a few hours of spectrum storage it is seen that the DNL may be in the specified range a special procedure can be used. The memory is switched in such a way that the spectrum is accumulated in one sub-group of a memory, for example 128 or 256 channels. In this case, the time needed to accumulate the spectra with high statistics will be much shorter. (For our example, the time-saving will be equal to $8K/256 = 32$, $8K/128 = 64$ correspondingly.) If the differential non-linearity is in the specified range, the results of testing are valid. The size of the memory sub-group shall be stated in the MCA documentation.

If the MCA does not have an ability of dividing the memory into certain sub-groups, the data could be computer-processed. In this case, the most significant bits of the channel number (address) may be deleted and the spectra should be reconstructed with new channel numbers determined by the least significant bits. Thus the spectrum will be squeezed in the horizontal direction but the number of counts with the same channel numbers would be added. It could be noticed that the area of the new spectra (the total sum of counts) is the same as the initial one. This test is used mainly to estimate the DNL.

D.4 Processing of measured data

In accordance with 7.5.1.4.

Annexe E (informative)

Méthode d'essai du temps mort moyen (essai auxiliaire)

E.1 Définition

Temps mort moyen $\bar{t}_d$

La valeur moyenne de temps mort lorsqu'un AMC est utilisé pour obtenir un spectre donné avec un taux de comptage spécifié. Le constructeur spécifie habituellement le type de détecteur adapté à ce test.

E.2 Méthode d'essai

Le montage d'essai pour ces mesures est semblable à celui des figures 8a ou 11. Régler le pic 1,33 MeV d'une source de Cobalt 60 (^{60}Co) pour se situer dans la gamme de 0,85 M à 0,95 M et (procéder de telle sorte que le temps mort moyen soit d'environ 10 %).

Recueillir les données relatives au spectre par un détecteur spécifié respectivement dans un temps actif T_L et dans un temps réel T_R . Intégrer ces deux spectres et obtenir ΣN_L et ΣN_R , le nombre total de coups mémorisés dans tous les canaux.

Il est souhaitable que ΣN_L et ΣN_R soient supérieurs à 10^5 .

Répéter la même procédure mais augmenter le taux de comptage N'_L afin que le temps mort relatif soit de 50 %. Puis, faire en sorte que $\Sigma N'_L$ et $\Sigma N'_R$ se trouvent dans cette situation.

E.3 Traitement de données

Le temps mort moyen par impulsion, à un taux de comptage donné, permet d'obtenir des temps morts relatifs de 10 % et de 50 % qui sont exprimés comme suit:

$$(\bar{t}_d)_{10\%} = \frac{T_R}{\Sigma N_R} - \frac{T_L}{\Sigma N_L}$$

$$(\bar{t}_d)_{50\%} = \frac{T_R}{\Sigma N'_R} - \frac{T_L}{\Sigma N'_L}$$

Il est souhaitable que la valeur essayée de $(\bar{t}_d)_{10\%}$ et $(\bar{t}_d)_{50\%}$ soit inférieure à la valeur spécifiée dans la fiche technique du AMC soumis à l'essai.

Pour faciliter la lecture, la formule ci-dessus peut être dérivée de la manière suivante:

Puisque le taux de comptage d'entrée réel est $\Sigma N_L / T_L$ nous avons:

$$\frac{\Sigma N_L}{T_L} (T_R - \Sigma N_R \bar{t}_d) = \Sigma N_R$$

c'est-à-dire:

$$\bar{t}_d = \frac{\Sigma N_L T_R - \Sigma N_R T_L}{\Sigma N_L \Sigma N_R} = \frac{T_R}{\Sigma N_R} - \frac{T_L}{\Sigma N_L}$$

Annex E (informative)

Average dead time test method (auxiliary test)

E.1 Definition

Average dead time $\bar{t}_d$

The average value of dead time when MCA is used to acquire a given spectrum with a specified counting rate. Usually the manufacturer defines the type of the detector used for this test.

E.2 Test method

The experiment set-up for measurements is similar to that of figure 8a or 11. Adjust the gain so that the 1,33 MeV peak of a ^{60}Co source is within the range of 0,85M to 0,95 M and adjust the count rate by changing the distance between the source and the detector so that the dead time is near 10 %.

Collect the spectrum data in live time T_L and elapsed time T_R respectively. Integrate this spectra and determine the corresponding total counts stored in all channels ΣN_L and ΣN_R .

ΣN_L and ΣN_R should exceed 10^5 .

Repeat the same procedure but increase the count rate moving the source closer to the detector in order to have the relative dead time near 50 %. Then determine $\Sigma N'_L$ and $\Sigma N'_R$ for this situation.

E.3 Data processing

The average dead time per pulse at count rates which make the relative dead time 10 % and 50 % are expressed as follows:

$$(\bar{t}_d)_{10\%} = \frac{T_R}{\Sigma N_R} - \frac{T_L}{\Sigma N_L}$$

$$(\bar{t}_d)_{50\%} = \frac{T_R}{\Sigma N'_R} - \frac{T_L}{\Sigma N'_L}$$

The value determined of $\bar{t}_d$ should be less than the values $(\bar{t}_d)_{10\%}$ and $(\bar{t}_d)_{50\%}$ specified in the data sheet of the MCA being tested.

For easy reading the above formulae can be derived as follows:

Since the actual input count rate is $\Sigma N_L / T_L$ we have:

$$\frac{\Sigma N_L}{T_L} (T_R - \Sigma N_R \bar{t}_d) = \Sigma N_R$$

i.e.:

$$\bar{t}_d = \frac{\Sigma N_L T_R - \Sigma N_R T_L}{\Sigma N_L \Sigma N_R} = \frac{T_R}{\Sigma N_R} - \frac{T_L}{\Sigma N_L}$$

Annexe F
(informative)

Bibliographie

- [1] CEI 741: 1982, *Analyseurs d'amplitude multicanaux: Normes pour les convertisseurs temps-amplitude*
 - [2] CEI 830: 1987, *Méthodes d'essais pour les analyseurs multicanaux utilisés comme analyseurs multiéchelles*
 - [3] CEI 973: 1989, *Méthodes d'essais de détecteurs gamma en germanium*
 - [4] CEI 1151: 1992, *Instrumentation nucléaire – Amplificateurs et préamplificateurs utilisés avec des détecteurs de rayonnements ionisants – Méthodes d'essais.*
-

Annex F (informative)

Bibliography

- [1] IEC 741: 1982, *Multichannel amplitude analyzers: Standards for time-to-amplitude converters*
 - [2] IEC 830: 1987, *Test methods for multichannel analyzers as multichannel scalars*
 - [3] IEC 973: 1989, *Test procedures for germanium gamma-ray detectors*
 - [4] IEC 1151: 1992, *Nuclear instrumentation – Amplifiers and preamplifiers used with detectors of ionizing radiation – Test procedures*
-

ICS 17.240
