

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 340A

1974

Premier complément à la Publication 340 (1970)

**Méthodes d'essais des amplificateurs et préamplificateurs
pour détecteurs semiconducteurs pour rayonnements ionisants**

First supplement to Publication 340 (1970)

**Test procedures for amplifiers and preamplifiers
for semiconductor detectors for ionizing radiation**



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

Révision de la présente publication

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

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
Publié trimestriellement
- **Rapport d'activité de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie utilisée dans la présente publication

Seuls sont définis ici les termes spéciaux se rapportant à la présente publication.

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'index général étant publié séparément. Des détails complets sur le V.E.I. peuvent être obtenus sur demande.

Symboles graphiques et littéraux

Seuls les symboles graphiques et littéraux spéciaux sont inclus dans la présente publication.

Le recueil complet des symboles graphiques approuvés par la CEI fait l'objet de la Publication 117 de la CEI.

Les symboles littéraux et autres signes approuvés par la CEI font l'objet de la Publication 27 de la CEI.

Autres publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur la page 3 de la couverture, qui énumère les autres publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

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

- **IEC Bulletin**
Published quarterly
- **Report on IEC Activities**
Published yearly
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology used in this publication

Only special terms required for the purpose of this publication are defined herein.

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the I.E.V. will be supplied on request.

Graphical and letter symbols

Only special graphical and letter symbols are included in this publication.

The complete series of graphical symbols approved by the IEC is given in IEC Publication 117.

Letter symbols and other signs approved by the IEC are contained in IEC Publication 27.

Other IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the inside of the back cover, which lists other IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 340A

1974

Premier complément à la Publication 340 (1970)

**Méthodes d'essais des amplificateurs et préamplificateurs
pour détecteurs semiconducteurs pour rayonnements ionisants**

First supplement to Publication 340 (1970)

**Test procedures for amplifiers and preamplifiers
for semiconductor detectors for ionizing radiation**



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Objet	6
3. Gain de conversion du préamplificateur	6
4. Capacité effective d'essai et capacité effective de contre-réaction dans un préamplificateur sensible à la charge	8
4.1 Capacité effective de contre-réaction	8
4.2 Capacité effective d'essai	8
5. Constante de temps de décroissance de l'impulsion de sortie du préamplificateur	8
6. Tension de polarisation maximale du détecteur	10
7. Effet microphonique du préamplificateur	10
8. Définition et mesure du gain de l'amplificateur principal	10
9. Domaine d'action du circuit de compensation pôle-zéro de l'amplificateur principal	10
10. Bruit de l'amplificateur (indications supplémentaires)	12

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	7
2. Object	7
3. Preamplifier conversion gain	7
4. Effective test capacitance and feedback capacitance in a charge sensitive preamplifier	9
4.1 Effective feedback capacitance	9
4.2 Effective test capacitance	9
5. Preamplifier output pulse decay time constant	9
6. Maximum detector bias voltage	11
7. Preamplifier microphonics	11
8. Definition and measurement of main amplifier gain	11
9. Range of pole-zero cancellation network in main amplifier	11
10. Amplifier noise (supplementary statement)	13

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PREMIER COMPLÉMENT À LA PUBLICATION 340 (1970)

**Méthodes d'essais des amplificateurs et préamplificateurs
pour détecteurs semiconducteurs pour rayonnements ionisants**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Comité d'Etudes N° 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire. Elle constitue le premier complément à la Publication 340 de la CEI.

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Bucarest en 1971, puis révisé lors de la réunion tenue à Londres en 1972. A la suite de cette dernière réunion, un projet définitif, document 45(Bureau Central)69, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en janvier 1973.

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

Afrique du Sud (République d')	Japon
Allemagne	Pays-Bas
Australie	Royaume-Uni
Belgique	Suède
Danemark	Suisse
Etats-Unis d'Amérique	Tchécoslovaquie
Finlande	Turquie
France	Union des Républiques
Israël	Socialistes Soviétiques
Italie	Yougoslavie

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FIRST SUPPLEMENT TO PUBLICATION 340 (1970)

**Test procedures for amplifiers and preamplifiers
for semiconductor detectors for ionizing radiation**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendations and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This recommendation has been prepared by IEC Technical Committee No. 45, Nuclear Instrumentation.

It constitutes the first supplement to IEC Publication 340.

A first draft was discussed at the meeting held in Bucharest in 1971, and was revised during the meeting held in London in 1972. As a result of this latter meeting, a final draft, document 45(Central Office)69, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in January 1973.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia
Belgium
Czechoslovakia
Denmark
Finland
France
Germany
Israel
Italy
Japan

Netherlands
South Africa (Republic of)
Sweden
Switzerland
Turkey
Union of Soviet
Socialist Republics
United Kingdom
United States of America
Yugoslavia

PREMIER COMPLÉMENT À LA PUBLICATION 340 (1970)

Méthodes d'essais des amplificateurs et préamplificateurs pour détecteurs semiconducteurs pour rayonnements ionisants

1. Domaine d'application

La présente recommandation s'applique aux amplificateurs et préamplificateurs utilisés avec les détecteurs semiconducteurs pour rayonnements ionisants. Des méthodes d'essais pour les détecteurs associés sont décrites dans la Publication 333 de la CEI: Méthodes d'essais des détecteurs semiconducteurs pour rayonnements ionisants, et dans la Publication 430 de la CEI: Méthodes d'essais des semiconducteurs gamma au germanium.

2. Objet

Etablir des méthodes d'essais, en complément de celles de la Publication 340 de la CEI, pour les amplificateurs et les préamplificateurs utilisés avec les détecteurs semiconducteurs pour rayonnements ionisants.

La présente recommandation n'implique pas l'obligation d'effectuer tous les essais décrits ci-après. Elle implique seulement que si de tels essais sont effectués sur des dispositifs terminés, ils doivent être exécutés conformément aux méthodes indiquées.

3. Gain de conversion du préamplificateur

Le gain de conversion du préamplificateur sensible à la charge (ou intégrateur de charge) se définit comme l'amplitude de l'impulsion de sortie, exprimée en volts, divisée par la charge d'entrée, exprimée en coulombs. Le gain de conversion peut aussi s'exprimer en volts par keV pour un matériau détecteur donné. En principe, le préamplificateur sensible à la charge consiste en un amplificateur de tension à large bande ayant un gain élevé muni d'une contre-réaction capacitive C_f comme représenté à la figure 1.

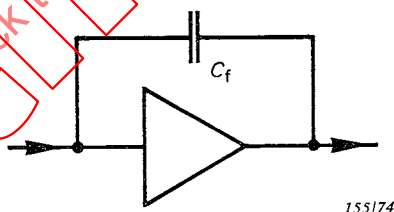


FIG. 1. — Schéma d'un préamplificateur sensible à la charge.

Le gain de conversion G_c est voisin de $\frac{1}{C_f}$, et peut être mesuré en injectant une impulsion de charge dans le préamplificateur par l'intermédiaire d'un condensateur étalon C_e à trois bornes de valeur faible et d'un générateur d'impulsions de précision (voir les paragraphes 3.2 et 4.1 de la Publication 340 de la CEI) et en mesurant l'impulsion de sortie V_s du préamplificateur au moyen d'un oscilloscope. Le gain de conversion est influencé par les capacités parasites d'entrée. On devrait donc le déterminer en fonction des valeurs de ces capacités.

Le gain de conversion est donné par:

$$G_c = \frac{V_s}{Q_e} = \frac{V_s}{C_e \cdot V_g}$$

où:

C_e = capacité, en farads, du condensateur injectant la charge

Q_e = charge, en coulombs, à l'entrée du préamplificateur

V_s = amplitude, en volts, de l'impulsion de sortie du préamplificateur

V_g = amplitude, en volts, de l'impulsion de sortie du générateur d'impulsions.

FIRST SUPPLEMENT TO PUBLICATION 340 (1970)

Test procedures for amplifiers and preamplifiers for semiconductor detectors for ionizing radiation

1. Scope

This recommendation applies to amplifiers and preamplifiers for semiconductor detectors for ionizing radiation. Test procedures for associated detectors are described in IEC Publication 333, Test Procedures for Semiconductor Detectors for Ionizing Radiation, and IEC Publication 430, Test Procedures for Germanium Gamma-ray Detectors.

2. Object

To establish test procedures, in addition to those in IEC Publication 340, for amplifiers and preamplifiers used with semiconductor detectors for ionizing radiation.

This recommendation is not intended to imply that all tests described herein are mandatory, but only that such tests as are carried out on completed devices shall be performed in accordance with the procedures given herein.

3. Preamplifier conversion gain

The conversion gain of a charge sensitive preamplifier (or charge integrator) is defined by its output pulse amplitude, expressed in volts, divided by its input charge, expressed in coulombs. The conversion gain can also be expressed in volts per keV for a given detector material. In principle, the charge sensitive preamplifier consists of a high gain wide-band voltage amplifier with a negative capacitive feedback C_f , as depicted in Figure 1.

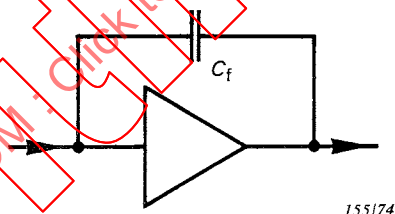


FIG. 1. — Circuit diagram of a charge sensitive preamplifier.

The conversion gain G_c approximates $\frac{1}{C_f}$, and can be measured by injecting a charge pulse into the preamplifier via a small and accurately known capacitor C_c of the three-terminal type and a precision pulse generator (see Sub-clauses 3.2 and 4.1 of IEC Publication 340) and measuring the preamplifier output pulse V_o with an oscilloscope. The conversion gain is dependent on external input capacitance to earth. Therefore, it should be determined as a function of this capacitance.

The conversion gain is:

$$G_c = \frac{V_o}{Q_{in}} = \frac{V_o}{C_c \cdot V_g}$$

in which:

C_c = capacitance, in farads, of charge injection capacitor

Q_{in} = charge, in coulombs, into the preamplifier input

V_o = preamplifier output pulse amplitude, in volts

V_g = pulse generator output pulse amplitude, in volts.

Une autre méthode consiste à actionner le préamplificateur avec une impulsion de charge connue avec précision et issue d'un détecteur semiconducteur, la valeur de la charge étant donnée par :

$$Q_e = e \frac{E}{\varepsilon}$$

où :

e = charge de l'électron ($1,6 \times 10^{-19}$ C)

E = énergie du rayonnement absorbée dans le volume utile du détecteur

ε = énergie de création d'une paire électron-trou dans le détecteur (voir la Publication 333 de la CEI, article 16).

4. Capacité effective d'essai et capacité effective de contre-réaction dans un préamplificateur sensible à la charge

4.1 Capacité effective de contre-réaction

La capacité effective de contre-réaction C_a , déterminée par la capacité du condensateur de contre-réaction et par les capacités parasites dans la boucle de contre-réaction, se mesure en injectant une charge connue Q_e dans le préamplificateur et en mesurant l'amplitude V_s de l'impulsion de sortie sur l'oscilloscope. La capacité effective de contre-réaction C_a peut se déduire de :

$$C_a = \frac{Q_e}{V_s}$$

Une charge connue Q_e peut être produite au moyen d'un détecteur irradié par des particules d'énergie connue. On peut aussi utiliser un condensateur étalon C_c à trois bornes en série avec un générateur d'impulsion produisant une impulsion d'amplitude connue V_g ($Q_e = C_c \cdot V_g$).

Certaines précautions doivent être prises si l'on veut calculer la charge injectée avec une précision suffisante en utilisant la formule indiquée : la durée de l'impulsion fournie doit être longue par rapport à la constante de temps résultant de la résistance de sortie du générateur d'impulsions et de la capacité C_c du condensateur injectant la charge.

Si, pour éviter cette difficulté, on utilise conjointement une capacité d'injection faible et une tension d'impulsion élevée, il est alors nécessaire d'utiliser un condensateur soigneusement blindé.

4.2 Capacité effective d'essai

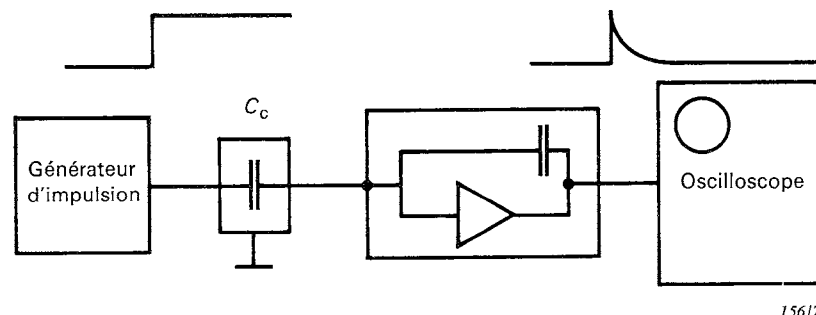
Dans beaucoup de cas, les préamplificateurs ont un condensateur d'essai incorporé. Il est souvent utilisé pour injecter la charge provenant du générateur d'impulsions en vue d'étalonnages et de mesures de bruit. Il est donc important, en pratique, de connaître la valeur de la capacité effective d'essai C_t avec précision.

La capacité effective d'essai C_t , déterminée par la valeur du condensateur d'essai et par les capacités parasites, se mesure en injectant une impulsion d'amplitude connue V_g dans l'entrée « essai » du préamplificateur. La capacité effective d'essai se déduit de :

$$C_t = C_a \cdot \frac{V_s}{V_g}$$

5. Constante de temps de décroissance de l'impulsion de sortie du préamplificateur

La constante de temps de décroissance de l'impulsion de sortie du préamplificateur peut être mesurée au moyen du montage décrit à la figure 2.



156/74

FIG. 2. — Schéma de montage pour mesurer la constante de temps de décroissance de l'impulsion de sortie du préamplificateur.

An alternative method is to drive the preamplifier with an accurately known charge pulse from a semiconductor detector, the amount of charge being:

$$Q_{in} = e \frac{E}{\varepsilon}$$

in which:

e = electron charge (1.6×10^{-19} C)

E = radiation energy absorbed in the sensitive volume of the detector

ε = energy to release an electron-hole pair in the detector (see IEC Publication 333, Clause 16).

4. Effective test capacitance and feedback capacitance in a charge sensitive preamplifier

4.1 Effective feedback capacitance

The effective feedback capacitance C_a , determined by the value of the feedback capacitor and stray capacitance in the feedback loop, is found by feeding a known charge Q_{in} into the preamplifier and measuring the output pulse amplitude V_o on an oscilloscope. The effective feedback capacitance C_a may be derived from:

$$C_a = \frac{Q_{in}}{V_o}$$

A known charge Q_{in} may be generated by means of a detector irradiated by particles of known energy. Alternatively, a calibrated three-terminal capacitor C_c may be used in series with a pulse generator producing a pulse with known amplitude V_g ($Q_{in} = C_c \cdot V_g$).

Certain precautions shall be taken if the injected charge is to be calculated with reasonable accuracy using the expression given. The applied pulse duration shall be long compared with the time constant resulting from the pulse generator output resistance and the charge injection capacitor C_c .

If a low value of charge injection capacitance is used together with a high-pulse voltage to avoid the above difficulty, then a carefully screened capacitor becomes necessary.

4.2 Effective test capacitance

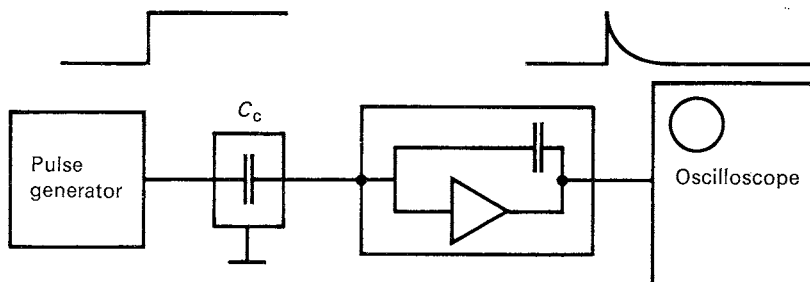
In many cases, preamplifiers have a built-in capacitor. It is often used for injection of charge from a pulse generator for calibrations and noise measurements and therefore it is of practical importance to know the value of the effective test capacitance C_t accurately.

The effective test capacitance C_t , which is determined by the value of the test capacitor and parasitic capacitances, is found by feeding a pulse of known amplitude V_g into the "test input" of the preamplifier. The effective test capacitance is derived from:

$$C_t = C_a \cdot \frac{V_o}{V_g}$$

5. Preamplifier output pulse decay time constant

The preamplifier output pulse decay time constant can be measured by the circuit arrangement depicted in Figure 2.



156/74

FIG. 2. — Circuit arrangement to measure preamplifier output pulse decay time constant.

Le générateur d'impulsion doit fournir des impulsions carrées, ayant une décroissance d'amplitude négligeable et une durée de préférence grande par rapport à la constante de temps de décroissance à mesurer (voir la Publication 340 de la CEI, paragraphe 3.2). La constante de temps de décroissance du préamplificateur (c'est-à-dire l'intervalle de temps pour que l'amplitude du front de descente de l'impulsion de sortie décroisse de 100 % à $\frac{100\%}{e}$ où $e = 2,72$) peut être lue sur l'oscilloscope. Certains préamplificateurs ont un circuit de différentiation incorporé. Pour éliminer un « sous-dépassement » indésirable, qui aurait une constante de temps égale à la constante de temps de décroissance de la partie sensible à la charge du préamplificateur, un circuit de compensation est généralement incorporé au préamplificateur (circuit de compensation pôle-zéro). Ce circuit doit d'abord être ajusté convenablement au sous-dépassement minimal avant d'effectuer la mesure de la constante de temps de décroissance de l'impulsion de sortie du préamplificateur. Le constructeur doit indiquer la constante de temps de décroissance du préamplificateur.

6. Tension de polarisation maximale du détecteur

Les détecteurs Ge-Li de grand volume nécessitent des tensions de polarisation jusqu'à plusieurs milliers de volts. La prise d'entrée du préamplificateur et le condensateur de couplage (le raccordement du détecteur en courant continu n'étant pas pris en considération) ne devraient pas ajouter du bruit au système à la tension maximale de polarisation du détecteur pour le préamplificateur considéré. On effectue la mesure en appliquant une haute tension réglable à la prise d'entrée de polarisation du détecteur sur le préamplificateur. Le bruit à la sortie du préamplificateur se mesure comme décrit dans la Publication 340, articles 4 et 5. Le bruit mesuré à la sortie de l'amplificateur principal ne devrait pas augmenter notablement lorsque l'on porte la tension de polarisation à sa valeur nominale maximale. La tension de polarisation nominale maximale doit être spécifiée pour une température ambiante et une humidité relative données après un délai déterminé nécessaire pour l'équilibre de la charge.

7. Effet microphonique du préamplificateur

Des vibrations peuvent ajouter du bruit à un ensemble de spectrométrie, le préamplificateur étant le maillon le plus sensible de la chaîne. On peut mesurer l'effet microphonique en soumettant le préamplificateur à des vibrations ou à des chocs en fonction de l'application prévue.

On doit appliquer au préamplificateur les tensions d'alimentation et la tension de polarisation nominale maximale. La tension de bruit à la sortie du préamplificateur peut se mesurer comme décrit dans la Publication 340, articles 4 et 5.

8. Définition et mesure du gain de l'amplificateur principal

Le gain de l'amplificateur principal doit être mesuré en appliquant à son entrée un signal échelon d'amplitude connue et en mesurant l'amplitude de l'impulsion de sortie à l'aide d'un oscilloscope. Les réglages de l'intégrateur et du différentiateur doivent de préférence être égaux et devront être indiqués lorsqu'on spécifie le gain de l'amplificateur principal. Le second différentiateur (s'il existe) doit être mis hors circuit ou réglé à sa constante de temps maximale pendant la mesure. Le gain de l'amplificateur principal est défini comme le quotient de l'amplitude de l'impulsion de sortie par l'amplitude de l'impulsion d'entrée.

9. Domaine d'action du circuit de compensation pôle-zéro de l'amplificateur principal

La plupart des amplificateurs principaux ont un circuit de compensation pôle-zéro ajustable et incorporé afin d'éliminer le sous-dépassement indésirable provoqué par la décroissance de l'impulsion de sortie du préamplificateur et par la différentiation dans l'amplificateur principal. Les constantes de temps de décroissance de l'impulsion de sortie des préamplificateurs peuvent être différentes, dans de grandes limites, d'un type à l'autre. Le circuit pôle-zéro de l'amplificateur principal devrait pouvoir annuler l'effet de la constante de temps de décroissance du préamplificateur utilisé. Il est donc souhaitable de connaître le domaine d'action de la constante de temps de la compensation pôle-zéro de l'amplificateur principal que l'on peut mesurer comme suit: Appliquer à l'entrée de l'amplificateur principal un générateur d'impulsion à constante de temps de décroissance réglable et observer l'impulsion de sortie de l'amplificateur principal à l'oscilloscope. Déterminer, en faisant varier le temps de décroissance du générateur d'impulsion, les temps de décroissance minimal et maximal de l'impulsion d'entrée dont l'effet peut être annulé en réglant le circuit pôle-zéro de l'amplificateur principal. L'annulation complète est obtenue lorsque le sous-dépassement de l'impulsion de sortie est complètement compensé. Le fabricant doit indiquer le domaine d'action de la constante de temps du circuit pôle-zéro de l'amplificateur principal.

The pulse generator shall deliver a square wave pulse, with negligible droop and pulse length preferably long with respect to the preamplifier decay time constant to be measured (see IEC Publication 340, Sub-clause 3.2). The preamplifier decay time constant (i.e. time interval for the trailing edge of the output pulse amplitude to decrease from 100 % to $\frac{100\%}{e}$ where $e = 2.72$) can be read from the oscilloscope. Some preamplifiers have a built-in differentiating network. To eliminate an undesirable undershoot, having a time constant equal to the decay time constant of the charge-sensitive section of the preamplifier, a compensation network (pole-zero cancellation network) is usually included in the preamplifier. The pole-zero cancellation network should first be properly adjusted for minimum undershoot before preamplifier output pulse decay time constant is measured. The manufacturer shall state the decay time constant of the preamplifier.

6. Maximum detector bias voltage

Large volume Ge-Li detectors require bias voltages up to several thousands of volts. The preamplifier input plug and the coupling capacitor (d.c. detector coupling left out of consideration) should not add noise to the system at the maximum rated detector bias voltage for the preamplifier under consideration. The measurement is carried out by applying an adjustable high voltage to the detector bias input plug on the preamplifier. The output noise of the preamplifier is measured as described in IEC Publication 340, Clauses 4 and 5. The noise measured at the output of the main amplifier should not substantially increase by increasing the bias voltage up to the maximum rated bias voltage. The maximum rated bias voltage shall be specified with stated ambient temperature and relative humidity and after a specified period of time necessary for charge equilibrium.

7. Preamplifier microphonics

Vibrations can add noise to a spectrometer system, the preamplifier being the most sensitive link in the chain. The microphonics can be measured by vibrating or shocking the preamplifier as necessary for the application.

The preamplifier has to be provided with its supply voltages and the maximum rated bias voltage. The preamplifier noise output voltage can be measured as described in IEC Publication 340, Clauses 4 and 5.

8. Definition and measurement of main amplifier gain

The main amplifier gain should be measured by driving its input with a unit step function of known amplitude and measuring its output pulse amplitude with an oscilloscope. The settings of the integrator and differentiator should preferably be equal and should be stated when specifying main amplifier gain. The second differentiator (if present) shall be switched off or adjusted to its maximum time constant during the measurement. The main amplifier gain is defined by output pulse amplitude divided by input pulse amplitude.

9. Range of pole-zero cancellation network in main amplifier

Most main amplifiers have a built-in and adjustable pole-zero cancellation network to eliminate undesirable undershoot, which is caused by the decay of the preamplifier output pulse and the differentiation in the main amplifier. The preamplifier output pulse decay time constant may differ over a wide range from type to type. The main amplifier pole-zero network should be able to cancel the decay time constant of the preamplifier in use. It is therefore desirable to know the pole-zero cancellation time constant range of the main amplifier, which can be measured as follows: Drive the main amplifier with a pulse generator having an adjustable decay time constant and observe the main amplifier output pulse with an oscilloscope. Find, by varying the decay time of the pulse generator, the minimum and maximum decay time of the input pulse which can be cancelled by adjusting the pole-zero network of the main amplifier. Complete cancellation is obtained when the undershoot of the output pulse is completely compensated. The manufacturer shall state the time constant range of the pole-zero network of the main amplifier.

Une autre méthode consiste à appliquer une onde carrée aux circuits de différentiation de compensation pôle-zéro de l'amplificateur principal. On suppose que les circuits de différentiation et de compensation pôle-zéro sont tels que représentés à la figure 3.

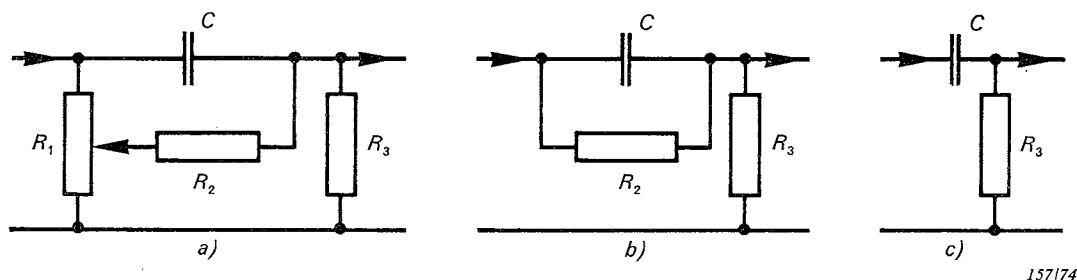


FIG. 3. — a) Circuit de différentiation et de compensation pôle-zéro ($R_1 \ll R_2$).

b) Circuit équivalent pour la compensation de la plus faible constante de temps de décroissance de l'impulsion d'entrée.

c) Circuit équivalent pour la compensation de la plus grande constante de temps de décroissance de l'impulsion d'entrée.

Pour un signal échelon à l'entrée, le signal de sortie du circuit de la figure 3 s'exprime par la formule suivante:

$$V_s = V_e \frac{R_3}{R_2 + R_3} + V_e \frac{R_2}{R_2 + R_3} \cdot e^{-\left[\frac{t}{C \left(\frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \right)} \right]}$$

La forme du signal de sortie est représentée à la figure 4.

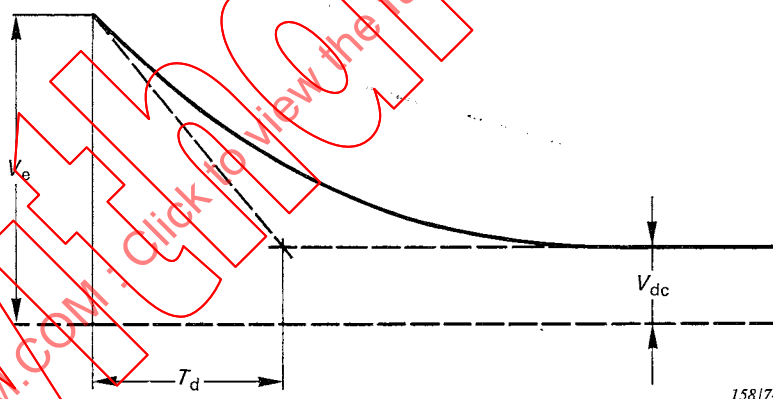


FIG. 4. — Impulsion de sortie du circuit de la figure 3 b) lorsqu'un signal échelon est appliqué à l'entrée.

La constante de temps de décroissance minimale pouvant être compensée est déterminée par la valeur de la constante de temps CR_2 . On peut lire, sur un oscillogramme, la constante de temps

$$T_d = C \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}, \text{ de même que le rapport } \frac{R_3}{R_2 + R_3} \text{ égal à } \frac{V_{dc}}{V_e}$$

A partir des valeurs obtenues ainsi, on peut calculer CR_2 . Dans la plupart des cas, on peut utiliser la valeur de T_d donnée par le fabricant de l'amplificateur principal. La constante de temps de décroissance maximale qui peut être compensée pour le circuit de la figure 3 a) a une valeur infinie.

10. Bruit de l'amplificateur (indications supplémentaires)

Les essais relatifs au bruit de l'amplificateur sont indiqués dans les articles 4, 5 et 6 de la Publication 340 de la CEI. Le fabricant doit préciser la stabilité de la tension d'alimentation, le ronflement, le bruit et la température ambiante lorsqu'il indique le bruit de l'amplificateur.