

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61874

Première édition
First edition
1998-10

**Instrumentation nucléaire –
Instrumentation géophysique pour déterminer
la densité de la roche dans les forages
(«diagraphie de la densité»)**

**Nuclear instrumentation –
Geophysical borehole instrumentation
to determine rock density (“density logging”)**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61874:1998

Numéros des publications

Depuis le 1er 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 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)*.

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

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

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 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 60050: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*.

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

* See web site address on title page.

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

61874

Première édition
First edition
1998-10

**Instrumentation nucléaire –
Instrumentation géophysique pour déterminer
la densité de la roche dans les forages
(«diagraphie de la densité»)**

**Nuclear instrumentation –
Geophysical borehole instrumentation
to determine rock density (“density logging”)**

© IEC 1998 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission
Telefax : +41 22 919 0300

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

N

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
1 Domaine d'application et objet.....	6
2 Références normatives.....	6
3 Définitions.....	8
4 Matériel.....	12
5 Prescriptions générales.....	14
6 Prescriptions de caractéristiques mécaniques et environnementales.....	16
7 Erreurs de mesure	20
8 Prescriptions relatives à la durée de fonctionnement	20
9 Prescriptions d'alimentation.....	20
10 Etalonnage.....	20
11 Prescriptions de sécurité	22
12 Caractéristiques à spécifier dans la documentation d'exploitation et de maintenance ou le certificat du matériel	22
Annexe A – Bibliographie.....	26

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61874:1998

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
Clause	
1 Scope and object	7
2 Normative references	7
3 Definitions	9
4 Equipment	13
5 General requirements	15
6 Mechanical and environmental performance requirements	17
7 Measurement errors	21
8 Operating time requirements	21
9 Power supply requirements	21
10 Calibration	21
11 Safety requirements	23
12 Characteristics to be specified in the operation and maintenance documentation or certificate of the equipment	23
Annex A – Bibliography	27

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**INSTRUMENTATION NUCLÉAIRE –
INSTRUMENTATION GÉOPHYSIQUE POUR DÉTERMINER
LA DENSITÉ DE LA ROCHE DANS LES FORAGES
(«DIAGRAPHIE DE LA DENSITÉ»)**

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 concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61874 a été établie par le comité d'études 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45/442/FDIS	45/449/RVD

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

L'annexe A est donnée uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**NUCLEAR INSTRUMENTATION –
GEOPHYSICAL BOREHOLE INSTRUMENTATION TO DETERMINE
ROCK DENSITY ("DENSITY LOGGING")**

FOREWORD

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

International Standard IEC 61874 has been prepared by IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

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

FDIS	Report on voting
45/442/FDIS	45/449/RVD

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

Annex A is for information only.

INSTRUMENTATION NUCLÉAIRE – INSTRUMENTATION GÉOPHYSIQUE POUR DÉTERMINER LA DENSITÉ DE LA ROCHE DANS LES FORAGES («DIAGRAPHIE DE LA DENSITÉ»)

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale s'applique au matériel comprenant

- une sonde de diagraphie équipée d'une source (gamma) radio-isotopique collimatée (uniquement pendant les mesures réelles) et d'une unité de détection pour mesurer le rayonnement gamma diffusé;
- un câble coaxial avec une commande de treuil et de profondeur;
- d'autres instruments et dispositifs (alimentation, convertisseur/amplificateur d'impulsions, icomètre, enregistreur, processeurs de signaux et dispositifs indicateurs).

Cette norme définit la terminologie, spécifie les types d'appareil, de conception et les prescriptions techniques générales, les caractéristiques de rayonnement spécifiques, les prescriptions relatives aux caractéristiques électriques, mécaniques et environnementales. Elle définit également les procédures d'essai et d'étalonnage et couvre les questions de sécurité électrique et de protection contre le rayonnement. En outre, elle fournit des recommandations concernant les éléments qu'il convient d'inclure dans la documentation d'exploitation et de maintenance du fabricant (ou le certificat).

La présente norme a pour objet de spécifier les prescriptions de conception et les caractéristiques fonctionnelles de l'instrumentation nucléaire utilisée au niveau des trous de forage pour déterminer la densité de la roche brute *in situ*. A l'aide de diagrammes de réponse adaptés, il est possible de faire correspondre les mesures avec la lithologie et la porosité.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tous les documents normatifs sont soumis à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60050(393):1996, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 393: Instrumentation nucléaire: Phénomènes physiques et notions fondamentales*

CEI 60050(394):1995, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 394: Instrumentation nucléaire: Instruments*

CEI 60359:1987, *Expression des qualités de fonctionnement des équipements de mesure électriques et électroniques*

CEI 60405:1972, *Appareils nucléaires: Prescriptions de construction pour la protection individuelle contre les rayonnements ionisants*

NUCLEAR INSTRUMENTATION – GEOPHYSICAL BOREHOLE INSTRUMENTATION TO DETERMINE ROCK DENSITY ("DENSITY LOGGING")

1 Scope and object

This International Standard applies to equipment consisting of

- borehole logging probe equipped with a collimated radioisotope (gamma) source (during the actual measurements only) and a detector unit to measure scattered gamma radiation;
- coaxial cable with winch and depth control;
- other instruments and devices (power supply, pulse converter/amplifier, ratemeter, recorder, signal processing and readout units).

This standard defines the terminology, specifies the types of apparatus, design and general technical requirements, specific radiation performance, electrical, mechanical and environmental performance requirements. It also defines test and calibration procedures and covers electrical safety and radiation protection issues. Further, it gives recommendations about items that should be included in the manufacturer's operation and maintenance documentation (or certificate).

The purpose of this standard is to specify design requirements and performance characteristics of nuclear instrumentation used in boreholes to determine bulk rock density *in situ*. With suitable response charts the measurements can be equated to rock lithology and porosity.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the editions indicated were 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 editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60050(393):1996, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 393: Nuclear instrumentation: Physical phenomena and basic concepts*

IEC 60050(394):1995, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 394: Nuclear instrumentation: Instruments*

IEC 60359:1987, *Expression of the performance of electrical and electronic measuring equipment*

IEC 60405:1972, *Nuclear instruments: Constructional requirements to afford personal protection against ionizing radiation*

3 Définitions

A l'exception des définitions données ci-dessous, tous les termes techniques sont définis dans la CEI 60050, particulièrement dans la CEI 60050(393) et la CEI 60050(394), ainsi que dans la CEI 60359. Les définitions suivantes s'appliquent pour les besoins de la présente norme.

3.1

diagraphie de densité

irradiation des formations rocheuses entourant le trou de forage par un flux constant de rayons gamma d'énergie moyenne provenant d'une source radio-isotopique scellée et comptage des rayons gamma diffusés atteignant un détecteur positionné à une certaine distance. Les mesures sont réalisées en déplaçant l'ensemble détecteur/source (sonde de diagraphie) le long de la paroi du trou de forage.

3.2

plage de fonctionnement

gamme de densités en vrac des roches, sur laquelle les mesures sont réalisées avec une précision spécifiée

3.3

conditions de fonctionnement assignées

ensemble de caractéristiques sur une plage de fonctionnement pour toutes les grandeurs d'influence pour lesquelles les erreurs spécifiées de l'instrumentation sont maintenues

3.4

plage de fonctionnement assignée

totalité des plages de fonctionnement correspondant aux grandeurs à mesurer pour lesquelles les caractéristiques fonctionnelles de l'appareil sont spécifiées

3.5

erreur fondamentale

erreur déterminée dans les conditions d'essai

3.6

conditions d'essai

ensemble des valeurs et paramètres des grandeurs d'influence présentant des limites de variation spécifiées pour lesquelles l'étalonnage est réalisé

3.7

erreur de fonctionnement

erreur au niveau d'une caractéristique fonctionnelle obtenue en un point quelconque selon les conditions de fonctionnement assignées

3.8

erreur intrinsèque

erreur d'un instrument de mesure utilisé dans les conditions de référence

3.9

conditions de référence

ensemble approprié de grandeurs d'influence et de caractéristiques fonctionnelles, avec des valeurs de référence ainsi que leurs tolérances et plages de référence, pour lesquelles l'erreur intrinsèque est spécifiée

3 Definitions

Except as defined below, all technical terms are defined in IEC 60050, particularly IEC 60050(393) and IEC 60050(394), and IEC 60359. For the purpose of this standard the following definitions apply.

3.1

density logging

irradiation of the rock formations surrounding the borehole with a constant flux of medium energy gamma rays from a sealed radioisotope source and counting the number of scattered gamma rays that reach a detector positioned at some distance. The measurements are carried out by moving the source-detector assembly (=logging probe) along the borehole wall.

3.2

working range

the range of bulk density of rocks in which the measurements are carried out with specified accuracy

3.3

rated operating conditions

a set of working range operating characteristics for all influence quantities within which the instrument specified errors are maintained

3.4

rated operating range

the whole of working ranges for quantities to be measured within which the performance of the apparatus is specified

3.5

basic error

the error determined under test conditions

3.6

test conditions

the set of influence quantity values and parameters with specified variation limits at which the calibration is carried out

3.7

operating error

the error of a performance characteristic which is obtained at any point within the rated operating conditions

3.8

intrinsic error

the error of a measuring instrument when used under reference conditions

3.9

reference conditions

the appropriate set of influence quantities and performance characteristics, with reference values with their tolerances and reference ranges, with respect to which the intrinsic error is specified

3.10

conditions de stockage et de transport

conditions extrêmes qu'un instrument de mesure qui n'est pas en fonction peut supporter sans qu'un endommagement ou une dégradation de ses caractéristiques métrologiques se produise lors de sa remise en fonction dans ses conditions de fonctionnement assignées

3.11

sensibilité

pour une valeur donnée de la grandeur mesurée, rapport entre la variation de la variable observée et la variation correspondante de la grandeur mesurée

3.12

coefficient de variation

rapport entre l'écart type σ et la valeur absolue de la moyenne arithmétique d'un ensemble n de mesures x_i donné par la formule suivante:

$$v = \frac{\sigma}{\bar{x}} = \left(\frac{1}{\bar{x}} \right) \times \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}}$$

où

x_i est la $i^{\text{ème}}$ indication donnée par l'instrument ($i = 1, 2, 3, \dots, n$);

$\bar{x}$ est la moyenne arithmétique des n indications prises en considération.

Pour les mesures du taux de comptage (C), le coefficient de variation v_C dépend de la constante de temps (τ):

$$v_C = \frac{1}{\sqrt{2C \times \tau}}$$

3.13

perte de comptage

réduction du taux de comptage observé du fait du temps de résolution ou des pertes occasionnées par des phénomènes tels que l'empilement des impulsions

3.14

temps de résolution

plus petit intervalle de temps nécessaire pour séparer l'occurrence de deux impulsions ou événements ionisants consécutifs et permettant cependant de les identifier en tant qu'impulsions ou événements distincts

3.15

correction du temps de résolution (temps mort)

correction à appliquer pour tenir compte de la perte des impulsions due au temps de résolution

3.16

constante de temps et durée de réponse (t_R)

temps nécessaire pour atteindre 90 % du taux de comptage C . Il dépend de la constante de temps τ :

$$t_R \approx 2\tau$$

3.10**storage and transport conditions**

the extreme conditions which a non-operating measuring instrument can withstand without damage and without degradation of its metrological characteristics when it is subsequently operated under its rated operating conditions

3.11**sensitivity**

for a given value of the measured quantity, the ratio of the variation of the observed variable to the corresponding variation of the measured quantity

3.12**coefficient of variation**

the ratio between the standard deviation σ and the absolute value of the arithmetic mean of a set of n of measurements x_i given by the following formula:

$$v = \frac{\sigma}{\bar{x}} = \left(\frac{1}{\bar{x}} \right) \times \sqrt{\sum_1^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}}$$

where

x_i is the i^{th} indication given by the instrument ($i = 1, 2, 3, \dots, n$);

$\bar{x}$ is the arithmetic mean of the n indications taken into consideration.

For count-rate (C) measurements, the coefficient of variation v_C depends on the time constant (τ):

$$v_C = \frac{1}{\sqrt{2C \times \tau}}$$

3.13**counting loss**

a reduction of the observed counting rate due to the resolving time or to losses caused by phenomena such as pulse pile-up

3.14**resolving time**

the smallest time interval which must elapse between the occurrence of two consecutive pulses or ionizing events and still be recognized as separate pulses or events

3.15**resolving time (dead time) correction**

correction to be applied to account for the loss of pulses lost due to the resolving time

3.16**time constant and response time (t_R)**

the time needed to reach 90 % of the count-rate C . It depends on the time constant τ :

$$t_R \approx 2\tau$$

3.17

vitesse de diagraphie

vitesse à laquelle l'outil se déplace dans le trou de forage. Elle dépend de la qualité de diagraphie désirée et du temps total de diagraphie (temps de forage) disponible. Des vitesses de diagraphie plus lentes permettent d'augmenter les constantes de temps et de diminuer les fluctuations statistiques, offrant ainsi des diagraphies d'excellente qualité.

4 Matériel

Le matériel comprend la sonde de diagraphie, le treuil du câble et l'ensemble de surface.

4.1 Sonde de diagraphie

La sonde de diagraphie contient le tampon de densité, la source de rayons gamma, le détecteur à scintillation et le blindage/les collimateurs.

4.1.1 Tampon de densité

Cylindre métallique (par exemple longueur ≈ 2 m, diamètre $\approx 4,5$ cm), introduit dans le trou de forage sur un câble multiconducteur. Durant la diagraphie, le tampon de densité est poussé contre la paroi du trou de forage à l'aide d'un ressort de décentralisation afin de permettre un contact géométrique étroit entre la source, le scintillomètre et la formation rocheuse et d'éviter les pertes d'énergie dans les trous à large diamètre. Le tampon de densité est monté entre les centraliseurs situés au-dessus et au-dessous.

4.1.2 Source de rayons gamma

Des sources relativement fortes sont utilisées durant la diagraphie de densité dans le trou de forage jusqu'à plusieurs dizaines de GBq ^{137}Cs ou ^{241}Am . La distance entre le détecteur et la source est approximativement de 30 cm. La source est placée dans l'outil uniquement pendant la durée de l'opération de diagraphie; autrement, elle est confinée dans un conteneur blindé pendant le stockage ou le transport (voir également 11.2.1).

4.1.3 Détecteur à scintillation

Comprend un crystal NaI, CsI ou germanate de bismuth (diamètre correspondant au diamètre de l'outil), un tube photomultiplicateur et une unité électronique rattachée.

4.1.4 Blindage/collimateur

La partie avant de la sonde (tampon) qui se déplace contre la formation rocheuse comporte un blindage en métal de haut Z (numéro atomique) avec des fenêtres de collimateur devant la source et le scintillomètre. Cette focalisation permet une réponse maximale de la formation rocheuse et réduit au minimum les effets du trou de forage.

4.2 Treuil du câble

Le treuil du câble inclut le tambour d'enroulement, le moteur d'entraînement du tambour et la commande de profondeur.

4.2.1 Commande de profondeur

Les mesures de profondeur sont réalisées à l'aide d'une roue de mesure étalonnée. Les systèmes mécaniques et d'encodeur pour le couplage de la roue de mesure et de l'enregistreur sont d'usage courant.

3.17

logging speed

the velocity at which the tool is moved within the borehole. It depends on the quality of log desired and the total logging time (rig time) available. Slower logging speeds permit higher time constants and will decrease statistical fluctuations, thus making high-quality logs.

4 Equipment

The equipment consists of the borehole logging probe, the cable winch and the surface assembly.

4.1 Logging probe

The logging probe contains the density pad, the gamma ray source, the scintillation detector and shielding/collimators.

4.1.1 Density pad

A metal cylinder (e.g. length ≈ 2 m, diameter $\approx 4,5$ cm), lowered into the borehole on a multiconductor cable. During logging, the density pad is forced against the wall of the borehole with a decentralising spring to provide close geometrical contact between source, detector and rock formation and to avoid energy losses in large diameter holes. The density pad is mounted between centralizers above and below.

4.1.2 Gamma ray source

Relatively strong sources are used during density logging in the borehole (several to several tens of GBq ^{137}Cs or ^{241}Am). The detector-source distance is approximately 30 cm. The source is placed in the tool only for the duration of the borehole logging operation, otherwise, it is confined in a shielded container for storage or transport (see also 11.2.1).

4.1.3 Scintillation detector

Consists of a NaI, CsI or Bismuth Germanate crystal (diameter corresponding to tool diameter), a photomultiplier tube and attached electronics unit.

4.1.4 Shielding/collimator

The probe face (pad) that rides against the rock formation contains high-Z metal shielding with collimator windows in front of both the source and the detector. This focusing results in a maximum response from the formation and a minimum of borehole effects.

4.2 Cable winch

The cable winch includes the cable drum, drum drive and depth control.

4.2.1 Depth control

Depth measurements are made using a calibrated measuring wheel. Both mechanical and shaft encoder systems for coupling the measuring wheel to the recorder are customary.

4.3 Ensemble de surface

L'alimentation et le système d'acquisition de données et d'affichage (amplificateur de signal, ictomètre, enregistreur analogique et numérique) sont montés dans l'ensemble de surface du matériel et connectés à la sonde par le câble de diagraphie.

4.3.1 Acquisition de données

Les différents types de systèmes d'acquisition de données fournissent

- a) un enregistrement de données sans aucun traitement des données, ou
- b) des interfaces pour la connexion à d'autres unités de stockage et de traitement de données externes, ou
- c) un micro-ordinateur intégré pour le stockage et/ou le traitement de données.

4.3.2 Affichage de données

L'affichage des données enregistrées est

- a) analogique (y compris l'affichage graphique), ou
- b) numérique, ou
- c) analogique et numérique.

4.7 Alimentation en énergie

L'alimentation fournit une source de puissance primaire, stabilisée, à la partie électronique de la sonde, pour répondre aux prescriptions analogiques et numériques (typiquement +15 V ou –15 V et 5 V) et une alimentation fortement stabilisée pour le tube photomultiplicateur (environ 700 V en fonction du gain du photomultiplicateur et du cristal utilisé, par exemple NaI, CsI ou germanate de bismuth). L'alimentation fournit également la puissance d'entraînement du moteur qui active le bras mécanique (le cas échéant) maintenant la sonde contre la paroi du trou de forage.

5 Prescriptions générales

5.1 Prescriptions de conception

La sonde de radiocarottage doit être conçue pour fournir une détection efficace des rayons gamma secondaires (diffusés) provenant des roches et pour minimiser le flux gamma dans le trou de forage et dans l'outil lui-même.

5.1.1 Les diamètres extérieurs préférentiels des sondes de diagraphie sont: 42 mm, 48 mm, 52 mm, 60 mm ou plus.

5.1.2 Il est permis d'utiliser les configurations suivantes:

- a) versions modulaires, pouvant être combinées à d'autres dispositifs de diagraphie (par exemple compas d'épaisseur, outils à neutrons et/ou gamma naturels), ou
- b) version autonome, n'étant pas destinée à être utilisée au sein de systèmes combinés.

4.3 Surface assembly

Power supply and the data acquisition and display system (signal amplifier, count-rate meter, analog and digital recorder) are mounted in the surface assembly of the equipment and connected to the probe by the logging cable.

4.3.1 Data acquisition

The different types of data acquisition systems provide either

- a) data recording without any data processing, or
- b) interfaces for connection to other external data storage and processing units, or
- c) a built-in microcomputer for data storage and/or processing.

4.3.2 Data display

The display of the recorded data is either

- a) analog (including graphical display), or
- b) digital, or
- c) analog and digital.

4.7 Power supply

The power supply provides a primary, regulated source of power to the electronics in the probe, for the analog and digital requirements (typically +15 V or –15 V and +5 V) and a highly regulated supply for the photomultiplier tube (about 700 V depending on photomultiplier gain and the crystal used, e.g. NaI, CsI, or Bismuth Germanate). The power supply also provides power to drive the motor that activates the mechanical arm (if present) forcing the probe against the wall of the borehole.

5 General requirements

5.1 Design requirements

The logging probe shall be designed to provide efficient detection of secondary (scattered) gamma rays from the rocks and to minimize gamma flux within the borehole and the tool itself.

5.1.1 Preferred outside diameters of borehole probes are: 42 mm, 48 mm, 52 mm, 60 mm or larger.

5.1.2 Probe configurations may be:

- a) modular, allowing them to be combined with other logging devices (e.g. caliper, neutron, and/or natural gamma tools), or
- b) self-contained, which are not intended for use in combined systems.

5.2 Prescriptions opérationnelles

On doit pouvoir sélectionner la constante de temps et la vitesse de diagraphie. Des indications sont fournies ci-dessous.

5.2.1 Constante de temps τ

La constante de temps τ doit être sélectionnée en fonction de la mesure et de la précision désirée. Pour l'affichage du taux de comptage analogique, la gamme de τ doit être sélectionnée entre 1,0 s et 10 s au minimum et choisie en fonction des intervalles indiqués dans le tableau 1. Le tableau 1 fournit seulement des exemples car le taux de comptage C est fonction non seulement de la densité de la roche, mais également de la source, du scintillomètre et du compteur. Des constantes de temps plus longues peuvent être utilisées (jusqu'à 30 s) pour une diagraphie de formations rocheuses denses ou à l'intérieur d'une gaine.

Tableau 1 – Exemple de caractéristiques d'un ictomètre présentant quatre intervalles

Intervalle de C cps	Coefficient de variation %	Constante de temps s	Temps de réponse s
0 – 1 500	1,8	1	2
0 – 500	2,2	2	4
0 – 150	4,1	2	4
0 – 150*	2,9	4	8
* Position «essai»			

5.2.2 Vitesse de diagraphie

La formule suivante fournit une indication pour la sélection de la constante de temps τ pour une vitesse de diagraphie donnée:

$$\tau \text{ (en s)} = 18 / \text{vitesse de diagraphie (en m/min)}.$$

6 Prescriptions de caractéristiques mécaniques et environnementales

6.1 La sonde de diagraphie doit conserver sa résistance et son étanchéité sous l'effet simultané de la pression hydrostatique et de la température, comme indiqué dans le tableau 2.

5.2 Operational requirements

Time constant and logging speed shall be selectable. Guides are given below.

5.2.1 Time constant τ

τ shall be selectable according to the measurement and the desired precision. When using systems based on analog count-rate displays, the τ range shall be selectable from 1,0 s to 10 s as a minimum, and be set according to the ranges given in table 1. Table 1 gives examples only since count rate C is a function not only of the rock density, but also of the source, detector and counter. Longer τ values may be necessary (up to 30 s) when logging in dense rock formations or inside of casing.

Table 1 – An example of the characteristics of a counting rate meter with four ranges

Range of C cps	Coefficient of variation %	Time constant s	Response time s
0 – 1 500	1,8	1	2
0 – 500	2,2	2	4
0 – 150	4,1	2	4
0 – 150*	2,9	4	8
* "Test" position			

5.2.2 Logging speed

A guide for selecting the time constant τ for a given logging speed is

$$\tau \text{ (in s)} = 18 / \text{logging speed (in m/min)}.$$

6 Mechanical and environmental performance requirements

6.1 The logging probe shall maintain its strength and tightness under simultaneous effects of hydrostatic pressure and temperature, as indicated in table 2.

Tableau 2 – Conditions de fonctionnement et d'essai

Conditions de fonctionnement			Conditions d'essai	
Température de l'air ambiant °C		Pression hydrostatique MPa	Température de l'air ambiant °C	Pression hydrostatique MPa
Inférieure	Supérieure	Valeur supérieure	Valeur supérieure	Valeur supérieure
5,(-10)*	50	10,20,30	55	11,22,33
5,(-10)*	80	30,40,50	85	33,44,55
5,(-10)*	100	30,40,60	105	33,44,66
5,(-10)*	120	80,100	125	88,110
5,(-10)*	150	40,60,80,100	155	44,66,88,110
5,(-10)*	180	80,100	185	88,110
5,(-10)*	200	120,150	205	132,165

* La valeur -10 °C se rapporte seulement aux instruments de forage destinés à être utilisés dans des zones de permafrost.

6.2 La sonde de diagraphie doit rester opérationnelle sous l'effet d'une vibration pendant une durée minimale de 0,5 h dans la gamme de fréquences de 10 Hz - 70 Hz avec une accélération atteignant 35 m/s², dans l'axe vertical.

6.3 La sonde de diagraphie doit maintenir ses spécifications lorsqu'il est exposé à 2 000 chocs au moins avec une accélération atteignant au maximum 300 m/s², une longueur d'impulsion de 6 ms - 12 ms et une fréquence de 10 à 150 chocs par minute dans l'axe vertical.

6.4 L'ensemble de surface doit respecter ses spécifications dans les conditions environnementales indiquées dans le tableau 3.

Tableau 3 – Conditions environnementales pour l'ensemble de surface

Température de l'air ambiant °C		Humidité relative %	Conditions de fonctionnement et de maintenance
Valeur inférieure	Valeur supérieure		
10	45	–	Dans des véhicules chauffés et des remorques spécialement conçues
-10	50	90	A l'air libre

6.5 L'ensemble de surface doit maintenir ses paramètres sous l'effet de vibrations appliquées pendant une durée minimale de 0,5 h, dans la gamme de fréquences 10 Hz - 60 Hz avec une accélération atteignant 20 m/s². Cette condition doit être maintenue après 1 000 chocs pour une accélération atteignant au maximum 100 m/s², une longueur d'impulsion de 6 ms - 12 ms et une fréquence de 10 à 50 chocs par minute.

6.6 Les paramètres électriques, mécaniques et de conception du câble de diagraphie doivent être spécifiés dans la documentation d'exploitation et de maintenance.

Table 2 – Operating and test conditions

Operating conditions			Test conditions	
Ambient air temperature °C		Hydrostatic pressure MPa	Ambient air temperature °C	Hydrostatic pressure MPa
Lower	Upper	Upper values	Upper value	Upper values
5,(-10)*	50	10,20,30	55	11,22,33
5,(-10)*	80	30,40,50	85	33,44,55
5,(-10)*	100	30,40,60	105	33,44,66
5,(-10)*	120	80,100	125	88,110
5,(-10)*	150	40,60,80,100	155	44,66,88,110
5,(-10)*	180	80,100	185	88,110
5,(-10)*	200	120,150	205	132,165

* The value -10 °C relates only to borehole instruments intended for use in permafrost regions.

6.2 The logging probe shall be operational after being vibrated for a minimum of 0,5 h at a frequency of 10 Hz - 70 Hz with an acceleration of 35 m/s² in the vertical axis.

6.3 The logging probe shall be within its specifications after exposure to a minimum of 2 000 shocks at a maximum acceleration of 300 m/s², pulse length of 6 ms - 12 ms and a frequency of 10-150 shocks per minute, in the vertical axis.

6.4 Surface assembly components shall meet their specifications when operated in the environmental conditions stated in table 3.

Table 3 – Environmental conditions for surface assembly

Ambient air temperature °C		Relative humidity %	Operating and maintenance conditions
Lower value	Upper value		
10	45	–	In heated vehicles and specially designed trailers
-10	50	90	In the open air

6.5 Surface assembly components shall maintain their parameters when vibrated for a minimum of 0,5 hours using a frequency range of 10 Hz - 60 Hz at an acceleration of up to 20 m/s². This requirement shall also be met after 1 000 shocks at a maximum acceleration of 100 m/s², using a pulse length of 6 ms - 12 ms and a frequency of 10-50 shocks per minute.

6.6 The electrical, mechanical and design parameters of the logging cable shall be specified in the operation and maintenance documentation.

7 Erreurs de mesure

7.1 L'erreur fondamentale doit être 10 % ou moins.

7.2 Si la perte de comptage due au temps mort dépasse 10 % pour un taux de comptage maximal, il doit être corrigé automatiquement.

7.3 Le coefficient de variation en fonctionnement continu doit être indiqué par le fabricant. Le coefficient de variation recommandé doit être inférieur à ± 1 %.

8 Prescriptions relatives à la durée de fonctionnement

8.1 La durée de préchauffage du matériel doit être inférieure à 15 min. La valeur spécifique doit être indiquée dans la documentation d'exploitation et de maintenance.

8.2 La durée de fonctionnement continu doit être fixée selon les prescriptions de fonctionnement et de maintenance. La valeur spécifique doit être indiquée dans la documentation d'exploitation et de maintenance. La durée recommandée est d'au moins 8 h.

9 Prescriptions d'alimentation

9.1 L'alimentation de la sonde de diagraphie peut être fournie par une unité intégrée ou par le biais du câble à partir de l'ensemble en surface.

9.2 Les paramètres de l'alimentation doivent être spécifiés dans la documentation d'exploitation et de maintenance.

10 Etalonnage

10.1 Les courbes densité globale/taux de comptage doivent être construites à l'aide de sources d'étalonnage (de champ) secondaires préalablement reliées à des installations d'essai d'étalonnage primaire en grandeur réelle utilisant des zones de densité globale connue. Durant l'exploitation sur le terrain, il est possible d'obtenir d'autres cartes d'étalonnage en établissant un traçage des résultats de la diagraphie du trou de forage en fonction de la densité globale déterminée sur des échantillons de carottage de roche provenant du même trou de forage.

10.2 L'étalonnage primaire doit impliquer une installation de test en pleine échelle, accessible pour le fabricant, incorporant deux zones de densité en vrac soigneusement mesurées et différentes. L'installation de test doit présenter le même diamètre de trou, la même gaine et le même remplissage (air ou eau) que ceux utilisés sur le terrain. Il est recommandé que l'installation de test présente un diamètre minimal de 0,6 m et une densité constante supérieure à un intervalle de profondeur de 1 m pour chaque zone. La réponse totale en comptes par seconde, représentant le flux de rayons gamma dispersés au niveau du détecteur, doit être établie pour chaque zone.

10.3 L'étalonneur de champ doit être un ensemble de petite taille portatif qui inclut une source de rayons gamma (par exemple, une source de 40 kBq ^{226}Ra) placée à différentes distances radiales du détecteur. Les distances doivent être sélectionnées pour couvrir une gamme de taux de comptage correspondant à la plage de fonctionnement.

7 Measurement errors

7.1 Basic error of the equipment shall be 10 % or less.

7.2 Automatic correction shall be provided if the counting loss due to dead time exceeds 10 % at maximum count rate.

7.3 The coefficient of variation during continuous operation shall be stated by the manufacturer. Recommended coefficient of variation shall be less than ± 1 %.

8 Operating time requirements

8.1 Warm-up time of the equipment shall be less than 15 min. The specific value shall be stated in the operation and maintenance documentation.

8.2 The continuous operating time shall be set in accordance with the operation and maintenance requirements. The specific value shall be stated in the operation and maintenance documentation. The recommended time is at least 8 h.

9 Power supply requirements

9.1 Power supply to the logging probe can be supplied by a built-in unit or through the cable from the surface assembly.

9.2 The parameters of the power supply shall be specified in the operation and maintenance documentation.

10 Calibration

10.1 Bulk density vs count rate curves shall be constructed using secondary (field) calibrator sources that have previously been related to full-scale primary calibration test facilities using zones of known bulk density. During field operation, further calibration charts may be obtained by plotting borehole logging results vs bulk density determined on rock core samples from the same borehole.

10.2 A primary calibration shall involve the use of a full-scale test facility, accessible for the manufacturer, incorporating two zones of carefully measured and differing bulk density. The test facility shall have the same hole diameter and casing and the same filling (air or water) as is used in the field work. It is recommended that the test facility has a diameter of at least 0,6 m and a constant density over a depth interval of 1 m for each zone. The total response in counts per second, representing the scattered gamma ray flux at the detector, shall be established for each zone.

10.3 The field calibrator shall be a small, portable assembly that includes a source of gamma rays (e.g. a 40 kBq ^{226}Ra source) held at different radial distances from the detector. The distances shall be selected to cover a count-rate range corresponding to the working range.

10.4 Dans une procédure d'étalonnage de champ alternatif, un ensemble d'étalonnage de champ spécifique peut être utilisé. Lorsqu'il est placé directement sur le détecteur, cet étalonneur doit fournir un flux de rayons gamma égal à celui observé en face de la zone de faible densité dans l'installation d'essai primaire. Un coin d'absorption coulissant, lorsqu'il est positionné entre la source et le détecteur, doit réduire le flux au niveau de celui observé en face de la zone d'essai de forte densité.

10.5 L'étalonnage doit être effectué en mode opérationnel, c'est-à-dire en connectant le câble de diagraphie sur toute sa longueur.

11 Prescriptions de sécurité

11.1 Prescriptions de sécurité électrique

11.1.1 La résistance d'isolement des circuits électriques par rapport à la gaine dans des conditions climatiques normales doit être au minimum égale à 20 MΩ.

11.1.2 Les caractéristiques de sécurité électrique du matériel doivent être conformes à la CEI 60405.

11.2 Prescriptions de sécurité en matière de rayonnement

11.2.1 Les procédures de sécurité radiologique concernant le stockage, le transport et l'utilisation d'équipement avec source radioactive doivent se conformer aux réglementations de sécurité nationales/internationales en vigueur.

11.2.2 La documentation technique doit contenir une section sur la sécurité en matière de rayonnement.

11.2.3 L'outil de diagraphie doit être équipé d'un dispositif permettant de l'extraire du trou de forage en cas de blocage ou de rupture du câble.

12 Caractéristiques à spécifier dans la documentation d'exploitation et de maintenance ou le certificat du matériel

Les caractéristiques énumérées ci-dessous doivent être spécifiées dans la documentation d'exploitation et de maintenance ou le certificat du matériel:

- type d'outil;
- plage de fonctionnement;
- plage de fonctionnement assignée;
- erreur de fond;
- erreur de fonctionnement;
- erreur intrinsèque;
- conditions de stockage et de transport;
- conditions d'étalonnage;
- valeurs assignées de la température et de la pression de fonctionnement;
- stabilité de la durée de fonctionnement continu;