

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
988**

Première édition
First edition
1990-11

**Systèmes de surveillance acoustique
pour la détection des corps errants –
Caractéristiques, critères de conception
et procédures d'exploitation**

**Acoustic monitoring systems
for loose parts detection –
Characteristics, design criteria
and operational procedures**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 988: 1990

AVA Documents
Document Sharing Hub

Numéros des publications

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

Publications consolidées

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

Validité de la présente publication

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

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

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

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

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

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

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

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

Numbering

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

Consolidated publications

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

Validity of this publication

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

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

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

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

Terminology, graphical and letter symbols

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

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

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
988**

Première édition
First edition
1990-11

**Systèmes de surveillance acoustique
pour la détection des corps errants –
Caractéristiques, critères de conception
et procédures d'exploitation**

**Acoustic monitoring systems
for loose parts detection –
Characteristics, design criteria
and operational procedures**

© CEI 1990 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 Varembé Genève Suisse
Téléfax: +41 22 919 0300 e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

T

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



Documents

Document Sharing Hub

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS.....	4
Articles	
1 Domaine d'application.....	6
2 Définitions.....	6
2.1 Zones de surveillance	6
2.2 Corps errants.....	6
2.3 Son émis par la structure	6
2.4 Capteurs acoustiques.....	8
2.5 Bruit de fond.....	8
2.6 Transitoire	8
2.7 Distribution des intervalles entre transitoires.....	8
2.8 Distribution des amplitudes des transitoires.....	8
2.9 Différence de temps d'arrivée	8
2.10 Sensibilité du système.....	8
2.11 Bande passante	8
3 Techniques de détection des corps errants.....	10
4 Prescriptions relatives au système	16
4.1 Structure de base et critère de conception.....	16
4.2 Acquisition des signaux.....	18
4.3 Mise en forme des signaux.....	22
4.4 Visualisation des signaux.....	22
4.5 Examen des signaux.....	26
4.6 Etalonnage.....	26
4.7 Disponibilité du système.....	28
5 Démarrage initial.....	28
5.1 Généralités.....	28
5.2 Essai du système avant le démarrage initial des pompes primaires.....	28
5.3 Surveillance préliminaire sans niveau d'alarme	30
5.4 Adaptation du système aux prescriptions spécifiques de la centrale.....	30
6 Programme de surveillance.....	32
6.1 Généralités.....	32
6.2 Enregistrements de référence	34
6.3 Mesures pendant le fonctionnement sans alarme.....	34
6.4 Mesures consécutives à une alarme.....	34
6.5 Essais périodiques du système.....	36
7 Documentation.....	38
Annexe A - Exemples d'évaluation.....	40

CONTENTS

	Page
FOREWORD.....	5
Clause	
1 Scope.....	7
2 Definitions	7
2.1 Monitoring areas.....	7
2.2 Loose parts.....	7
2.3 Structure-borne sound.....	7
2.4 Sound sensors.....	9
2.5 Background noise	9
2.6 Burst.....	9
2.7 Burst interval distribution.....	9
2.8 Burst amplitude distribution.....	9
2.9 Delay difference	9
2.10 System sensitivity	9
2.11 Pass-band.....	9
3 Loose part monitoring techniques.....	11
4 System requirements.....	17
4.1 Basic structure and design criteria.....	17
4.2 Signal acquisition.....	19
4.3 Signal processing.....	23
4.4 Signal display.....	23
4.5 Signal monitoring.....	27
4.6 Calibration.....	27
4.7 System availability	29
5 Initial startup.....	29
5.1 General	29
5.2 System testing before initial startup of coolant circulating pumps	29
5.3 Preliminary monitoring without alarm levels.....	31
5.4 Adapting the system to specific plant requirements.....	31
6 Surveillance programme	33
6.1 General	33
6.2 Reference recordings.....	35
6.3 Measures during alarm-free operation.....	35
6.4 Measures following an alarm.....	35
6.5 Periodic testing of the system.....	37
7 Documentation.....	39
Annex A - Evaluation examples	41

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SYSTÈMES DE SURVEILLANCE ACOUSTIQUE POUR LA DÉTECTION DES CORPS ERRANTS - CARACTÉRISTIQUES, CRITÈRES DE CONCEPTION ET PROCÉDURES D'EXPLOITATION

AVANT-PROPOS

- 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.

La présente norme a été établie par le Sous-Comité 45A: Instrumentation des réacteurs, du Comité d'Etudes n° 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
45A(BC)114	45A(BC)116

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ACOUSTIC MONITORING SYSTEMS FOR LOOSE PARTS DETECTION -
CHARACTERISTICS, DESIGN CRITERIA AND OPERATIONAL PROCEDURES**

FOREWORD

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

This standard has been prepared by Sub-Committee 45A: Reactor instrumentation, of IEC Technical Committee No. 45: Nuclear instrumentation.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
45A(C0)114	45A(C0)116

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

SYSTÈMES DE SURVEILLANCE ACOUSTIQUE POUR LA DÉTECTION DES CORPS ERRANTS - CARACTÉRISTIQUES, CRITÈRES DE CONCEPTION ET PROCÉDURES D'EXPLOITATION

1 Domaine d'application

Cette norme est applicable aux systèmes utilisés pour la surveillance des ondes sonores transmises par la structure et mesurées à l'extérieur de l'enveloppe du circuit primaire des réacteurs à eau légère, dans le but de détecter et, si possible, de localiser des événements inhabituels, en particulier les impacts métal contre métal causés par les corps errants. Cette norme traite des caractéristiques du système, des critères de conception et des procédures d'exploitation. Elle se limite à la bande des fréquences audibles comprises entre 30 Hz environ et 20 kHz environ.

La norme est fondée sur l'hypothèse que l'on utilise des accéléromètres piézoélectriques pour détecter les ondes sonores transmises par les structures, mais d'autres types de capteurs ne sont pas nécessairement exclus.

2 Définitions

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

2.1 Zones de surveillance

Les zones de surveillance sont les régions situées à l'intérieur de l'enceinte sous pression contenant le fluide caloporteur, où des éléments de structure peuvent se désolidariser, ou bien dans lesquelles il existe une forte probabilité de capture de corps errants.

2.2 Corps errants

2.2.1 Généralités

Les corps errants comprennent à la fois les éléments de structure détachés et desserrés, aussi bien que les corps étrangers.

2.2.2 Éléments de structure détachés

Les éléments de structure détachés sont ceux qui n'ont aucune fixation aux structures à l'intérieur de l'enceinte sous pression contenant le fluide caloporteur et qui, de ce fait, peuvent être entraînés par celui-ci.

2.2.3 Éléments de structure desserrés

Les éléments de structure desserrés sont ceux qui se sont désolidarisés tout en restant néanmoins raccordés aux structures auxquelles ils étaient fixés à l'origine.

2.2.4 Corps étrangers

Les corps étrangers sont ceux qui n'appartiennent pas aux structures internes et qui ont été laissés à l'intérieur de l'enceinte sous pression contenant le fluide caloporteur au moment des arrêts pour rechargement du réacteur.

2.3 Onde sonore émise par la structure

L'onde sonore émise par la structure est l'onde qui se propage dans les corps solides. Dans cette norme, l'onde sonore émise par la structure est considérée essentiellement dans la bande des fréquences audibles comprises entre approximativement 30 Hz et approximativement 20 kHz.

ACOUSTIC MONITORING SYSTEMS FOR LOOSE PARTS DETECTION - CHARACTERISTICS, DESIGN CRITERIA AND OPERATIONAL PROCEDURES

1 Scope

This standard is applicable to systems used to monitor sound transmitted through the structure and measured outside the primary envelope of light water reactors for the purpose of detecting, and where possible, locating unusual occurrences, particularly metal to metal impacts caused by loose parts. This standard covers system characteristics, design requirements and operational procedures. It is confined to the audible frequency range from approximately 30 Hz to approximately 20 kHz.

The standard is based on the assumption that piezoelectric accelerometers are used to detect the structure-borne sound, but alternative sensors are not necessarily excluded.

2 Definitions

For the purposes of this standard, the following definitions apply.

2.1 *Monitoring areas*

Monitoring areas are those regions inside the pressure-retaining boundary of the reactor coolant where parts may become loosened or the probability of loose parts being trapped is high.

2.2 *Loose parts*

2.2.1 *General*

Loose parts include both detached and loosened parts as well as foreign parts.

2.2.2 *Detached parts*

Detached parts are those parts which have no attachment to the components in the pressure-retaining boundary of the reactor coolant, and which therefore can be carried along with the reactor coolant.

2.2.3 *Loosened parts*

Loosened parts are those parts which have become loose, yet still remain connected to the component to which they were originally fixed.

2.2.4 *Foreign parts*

Foreign parts are those objects which do not belong to the internal structures and which have been left in the pressure retaining boundary of the reactor coolant during the outage periods of the reactor.

2.3 *Structure-borne sound*

Structure-borne sound is the sound which propagates in solid bodies. The structure-borne sound in this standard is mainly taken to mean the sound within the audible frequency range from approximately 30 Hz to approximately 20 kHz.

2.4 Capteurs acoustiques

Les capteurs sensibles aux ondes sonores émises par les structures sont des convertisseurs d'énergie mécanique en énergie électrique. L'onde détectée à la surface de l'enceinte sous pression contenant le fluide caloporteur est restituée sous forme d'un signal de déplacement, de vitesse ou d'accélération.

NOTE - Les capteurs sensibles aux ondes sonores émises par la structure seront dénommés détecteurs ou capteurs acoustiques.

2.5 Bruit de fond

Le bruit de fond correspond au bruit émis par la structure pendant le fonctionnement du réacteur, même en l'absence de corps errants. Il est composé d'un bruit de fond stationnaire et d'événements acoustiques élémentaires liés au fonctionnement.

2.5.1 Bruit de fond stationnaire

Le bruit de fond stationnaire est constitué de composantes aléatoires (par exemple bruit d'écoulement du fluide caloporteur) et de composantes déterministes (par exemple bruit de pompe dépendant de la vitesse).

2.5.2 Événement acoustique élémentaire

Un événement acoustique élémentaire correspond à une onde sonore émise par la structure et générée par un événement élémentaire qui se superpose au bruit de fond stationnaire (par exemple impact d'un corps errant, bruit émis par les mécanismes de commande des barres de contrôle ou soudaine relaxation de contraintes).

2.6 Transitoire

Un transitoire est un élément de signal issu du capteur acoustique et provoqué par un événement acoustique élémentaire. Il se superpose au signal de bruit de fond stationnaire (voir figures 1 et 2, page 12).

2.7 Distribution des intervalles entre transitoires

La distribution des intervalles entre transitoires est la distribution de fréquence des intervalles de temps observés entre les transitoires individuels.

2.8 Distribution des amplitudes des transitoires

La distribution des amplitudes des transitoires est la distribution de fréquence des amplitudes maximales des transitoires observés.

2.9 Différence de temps d'arrivée

La différence de temps d'arrivée est l'intervalle de temps mesuré entre les instants d'apparition des transitoires générés par un événement acoustique élémentaire dans les signaux de différents capteurs acoustiques.

2.10 Sensibilité du système

La sensibilité du système est exprimée à partir de l'énergie du plus petit événement acoustique qui puisse être détecté compte tenu du niveau de bruit de fond existant.

2.11 Bande passante

Les fréquences de coupure basse et haute (à 3 dB) de toute bande passante sont, dans cette norme, respectivement référencées f_a et f_b .

2.4 *Sound sensors*

Structure-borne sound sensors are mechanical/electrical energy converters receiving structure-borne sound which is detectable at the surface of the pressure-retaining boundary of the reactor coolant as displacement, velocity or acceleration.

NOTE - Structure-borne sound sensors are referred to hereafter as sound sensors.

2.5 *Background noise*

The background noise is the structure-borne sound which is generated during operation of the reactor plant, even in the absence of loose parts. It is composed of stationary background noise and operation-related single sound events.

2.5.1 *Stationary background noise*

Stationary background noise consists of stochastic components (e.g. coolant flow noise) and deterministic components (e.g. speed-dependent pump noise).

2.5.2 *Single sound event*

A single sound event is the structure-borne sound generated by a single event which is superimposed on the stationary background noise (e.g. impact of a loose part, control rod drive noise or a sudden reduction of stresses).

2.6 *Burst*

A burst is the signal component generated in the sound sensor as a result of a single sound event and is superimposed on the signal of the stationary background noise (see figures 1 and 2, page 13).

2.7 *Burst interval distribution*

The burst interval distribution is the frequency distribution of the time intervals observed between the individual bursts.

2.8 *Burst amplitude distribution*

The burst amplitude distribution is the frequency distribution of the maximum amplitudes of the bursts observed.

2.9 *Delay difference*

The delay difference is the time difference between the occurrence of the bursts generated by a single sound event in the signals of different sound sensors.

2.10 *System sensitivity*

The system sensitivity is the minimum sound event energy which can be resolved from the background noise.

2.11 *Pass-band*

This standard refers to f_a and f_b as the lower and upper 3 dB frequencies of the band width of any pass-band.

3 Techniques de détection des corps errants

Chaque fois que des éléments de structure détachés ou desserrés heurtent la surface intérieure de l'enveloppe primaire (enceinte sous pression contenant le fluide caloporteur) ou ses structures internes, il y a transmission d'énergie aux parois, et génération d'événements acoustiques élémentaires.

Le bruit de fond est généré par le fluide caloporteur et les pompes, de même que par d'autres composants montés à l'intérieur ou au contact de l'enveloppe primaire (enceinte sous pression contenant le fluide caloporteur) et activés pendant le fonctionnement (par exemple manœuvre d'une vanne et déplacement des barres de commande). Ce bruit de fond se compose d'un bruit de fond stationnaire et d'événements acoustiques élémentaires liés au fonctionnement du réacteur.

Les ondes sonores émises par la structure sont perçues par des capteurs montés à l'extérieur de l'enceinte sous pression contenant le fluide caloporteur.

Pour détecter des corps errants, on mesure et on surveille les amplitudes des signaux émis par les capteurs acoustiques dans une bande de fréquences définie. Le personnel d'exploitation peut écouter les signaux à intervalles réguliers ou à tout moment.

Pour fixer des niveaux d'alarme en amplitude sur les signaux, on utilise des enregistrements de référence. Les niveaux d'alarme sont fixés conformément à ce qui est décrit au paragraphe 5.4. Ce paragraphe recommande que la sensibilité du système de détection soit établie de manière optimale en se basant sur le bruit de fond, et en faisant en sorte d'avoir un taux de fausses alarmes raisonnable. Si en cas d'alarme, il n'y a pas d'explication précise sur son origine, une méthode consiste à enregistrer les transitoires initiateurs de cette alarme et à les comparer à des signaux de référence enregistrés préalablement.

Le critère utilisé pour identifier les corps errants (du type éléments de structure détachés ou du type éléments de structure désolidarisés) consiste à étudier les différences de temps d'arrivée des ondes acoustiques provenant des événements acoustiques élémentaires et observées sur les capteurs acoustiques placés en des points différents. Dans le cas d'éléments de structure désolidarisés, les différences de temps d'arrivée seront constantes, tandis que dans le cas d'éléments de structure détachés, elles peuvent être variables.

Des formes typiques de signaux sont représentées sur les figures 1, 2 et 3, pages 12 et 14.

Un exemple de diagramme schématique de fonctionnement typique d'un système de surveillance des corps errants est représenté par la figure 4, page 16.

3 Loose part monitoring techniques

Whenever detached or loosened parts impact on the inner surface of the primary envelope (the pressure-retaining boundary of the reactor coolant) or its internal structures, there is an energy transport to the walls. Single sound events are generated as a result.

Background noise is generated by the coolant flow and the pumps as well as by other components mounted in or on the primary envelope (pressure-retaining boundary of the reactor coolant) and which are activated during operation (e.g. valve actuation and control rod movement). These are composed of stationary background noise and single operation-related sound events.

The structure-borne sound is received by sound sensors mounted on the outside of the pressure-retaining boundary of the reactor coolant.

For loose parts detection the amplitudes of the signals measured by the sound sensors are monitored in a defined frequency range. Operating staff may listen to the noise signals at regular intervals or at any time.

Reference recordings are used to set alarm levels for the signal amplitudes. Alarm levels are set as described in 5.4, which recommends that the system detection sensitivity should be set on the basis of background noise to achieve the maximum sensitivity commensurate with an acceptable false alarm rate. If an alarm cannot be explained unambiguously, one method to assist resolution of ambiguity consists of comparing recorded bursts to reference signals and recordings.

The criterion used to distinguish between detached and loosened parts is the delay differences of associated single sound events which are determined by sound sensors positioned at different points. In the case of loosened parts, constant delay differences will be observed, whereas in the case of detached parts, delay differences may vary.

Typical signal shapes are shown in figures 1, 2 and 3, pages 13 and 15.

An example of the typical functional schematic diagram of a loose parts monitoring system is shown in figure 4, page 17.

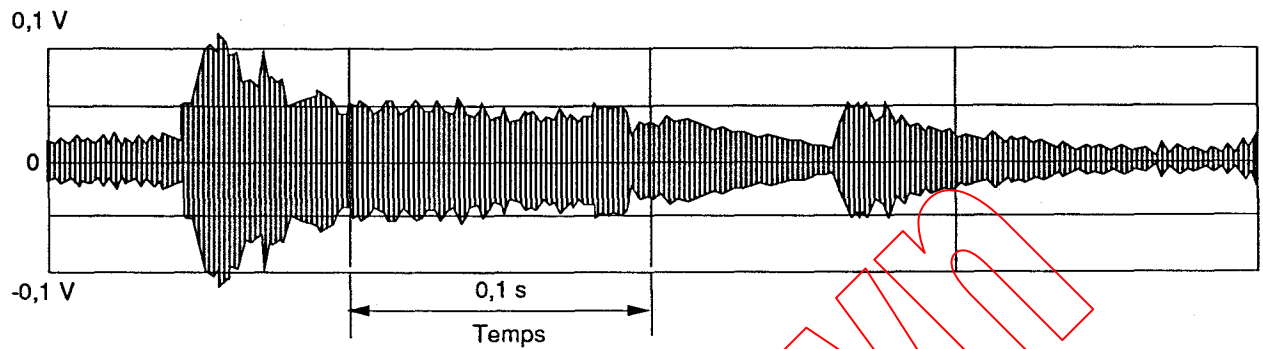


Figure 1 - Forme de signal avec des transitoires des événements acoustiques élémentaires liés au fonctionnement du réacteur et provoqués par les mécanismes de commande des barres de contrôle d'un réacteur à eau pressurisée

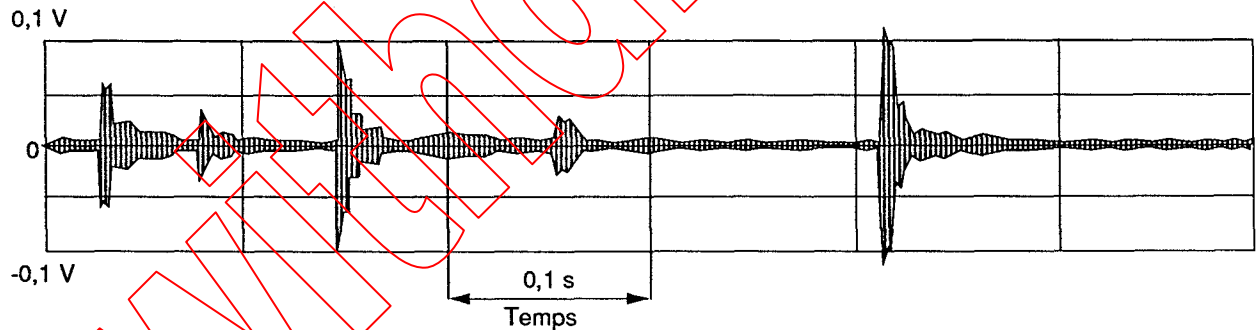


Figure 2 - Forme du signal avec des transitoires provoqués par un corps errant (corps étranger) dans la boîte à eau chaude d'un générateur de vapeur d'un réacteur à eau pressurisée