

# INSPECTION OF DAMS FOLLOWING EARTHQUAKE-GUIDELINES

# INSPECTION DES BARRAGES APRÈS SÉISME - RECOMMANDATIONS



**BULLETIN 62  
1988**



**INSPECTION OF DAMS**  
**FOLLOWING EARTHQUAKE-GUIDELINES**  
**INSPECTION DES BARRAGES**  
**APRÈS SÉISME - RECOMMANDATIONS**



**BULLETIN 62**  
**1988**

---

Commission Internationale des Grands Barrages  
151, bd Haussmann, 75008 Paris - Tél. : 47 64 67 33 - Télex : 641320 F (ICOLD)

---

**AVERTISSEMENT – EXONERATION DE RESPONSABILITE:**

Les informations, analyses et conclusions auxquelles cet ouvrage renvoie sont sous la seule responsabilité de leur(s) auteur(s) respectif(s) cité(s).

Les informations, analyses et conclusions contenues dans cet ouvrage n'ont pas force de Loi et ne doivent pas être considérées comme un substitut aux réglementations officielles imposées par la Loi. Elles sont uniquement destinées à un public de Professionnels Avertis, seuls aptes à en apprécier et à en déterminer la valeur et la portée et à en appliquer avec précision les recommandations à chaque cas particulier.

Malgré tout le soin apporté à la rédaction de cet ouvrage, compte tenu de l'évolution des techniques et de la science, nous ne pouvons en garantir l'exhaustivité.

Nous déclinons expressément toute responsabilité quant à l'interprétation et l'application éventuelles (y compris les dommages éventuels en résultant ou liés) du contenu de cet ouvrage.

En poursuivant la lecture de cet ouvrage, vous acceptez de façon expresse cette condition.

**NOTICE – DISCLAIMER :**

The information, analyses and conclusions referred to herein are the sole responsibility of the author(s) thereof.

The information, analyses and conclusions in this document have no legal force and must not be considered as substituting for legally-enforceable official regulations. They are intended for the use of experienced professionals who are alone equipped to judge their pertinence and applicability and to apply accurately the recommendations to any particular case.

This document has been drafted with the greatest care but, in view of the pace of change in science and technology, we cannot guarantee that it covers all aspects of the topics discussed.

We decline all responsibility whatsoever for how the information herein is interpreted and used and will accept no liability for any loss or damage arising therefrom.

Do not read on unless you accept this disclaimer without reservation.

---

## TABLE DES MATIÈRES

---

REMERCIEMENTS	5
PRÉFACE	6/7
INTRODUCTION	8/9
1. INSPECTION IMMÉDIATE APRÈS UN SÉISME	10/11
2. INSPECTION ULTÉRIEURE	16/17
2.1. Modes et causes possibles de rupture	16/17
2.1.1. Défauts des fondations	18/19
2.1.2. Évacuateurs de crue et ouvrages de vidange	18/19
2.1.3. Percolations	20/21
2.1.4. Matériaux défectueux ou médiocres	22/23
2.1.5. Surcharge des barrages en béton	22/23
2.1.6. Défauts des bords de la retenue	22/23
2.2. Détails de l'inspection après un séisme	22/23
2.2.1. Barrages en remblai	24/25
2.2.2. Barrages en béton ou en maçonnerie	26/27
2.2.3. Appuis et fondation	26/27
2.2.4. Retenue	28/29
2.2.5. Glissements de terrain	28/29
2.2.6. Ouvrages annexes	30/31
3. ANNEXE	34/35
3.1. Échelle modifiée d'intensité de Mercalli (1931) (Résumé)	34/35
3.2. Exemple de fiches d'inspection	36/37

---

## TABLE OF CONTENTS

---

ACKNOWLEDGEMENTS	5
PREFACE	6/7
INTRODUCTION	8/9
1. IMMEDIATE INSPECTION FOLLOWING EARTHQUAKE	10/11
2. FOLLOWUP INSPECTION	16/17
2.1. Possible Modes and Causes of Failure	16/17
2.1.1. Foundation Deficiencies	18/19
2.1.2. Spillway and Outlet Works	18/19
2.1.3. Seepage	20/21
2.1.4. Defective or Inferior Materials	22/23
2.1.5. Concrete Dam Overstressing	22/23
2.1.6. Reservoir Margin Defects	22/23
2.2. Features to be Inspected After Earthquake	22/23
2.2.1. Embankment Dams	24/25
2.2.2. Concrete and Masonry Dams	26/27
2.2.3. Abutments and Foundation	26/27
2.2.4. Reservoir	28/29
2.2.5. Landslides	28/29
2.2.6. Appurtenant Structures	30/31
3. APPENDIX	34/35
3.1. Modified Mercalli Intensity Scale of 1931 (Abridged)	34/35
3.2. Inspection Checklists	36/37



---

## REMERCIEMENTS

---

Au nom du Comité des Aspects Sismiques des Projets de Barrages, j'exprime ma reconnaissance à USCOLD pour le travail accompli dans la préparation du document que nous avons été heureux d'adopter pour en faire un Bulletin CIGB. Je remercie plus particulièrement M. Richard W. Kramer, précédemment Président du Comité USCOLD sur les tremblements de terre, et ancien Président de USCOLD.

Je remercie également notre propre Sous-Comité, qui a conduit nos débats sur ce Bulletin aux réunions de notre Comité à Londres, Tokyo et Lausanne.

A. Božović  
Président  
Comité des Aspects Sismiques  
des Projets de Barrages

---

## ACKNOWLEDGEMENTS

---

On behalf of the ICOLD Committee on Aspects of Dam Design, I acknowledge our debt to USCOLD for the work involved in the preparation of the document which we have been pleased to adopt as the basis for our own Bulletin. In particular, I thank Mr Richard W. Kramer, formerly Chairman, USCOLD Earthquakes Committee and Chairman, USCOLD.

I also wish to record thanks to our own Sub-Committee, for steering our discussions on this Bulletin at the London, Tokyo and Lausanne Committee Meetings.

A. Brožović  
Chairman  
Committee on Seismic Aspects  
of Dam Design

---

## PRÉFACE

---

Les Recommandations relatives à l'Inspection des Barrages après Séismes ont été discutées par le Comité des Aspects Sismiques des Projets de Barrages lors de plusieurs réunions (1985, 1986, 1987), conformément au plan de travail mis au point lors de la Réunion du Comité à Tokyo en 1984.

Les publications suivantes ont d'abord été examinées :

- Mesures concernant les projets hydroélectriques, à entreprendre avant et après les séismes (Ambraseys, Novembre 1974).
- Observation et inspection des barrages situés dans des zones sismiques (Chapitre 6 du Bulletin n° 46 de la CIGB, Sismicité et Conception des Barrages, 1983).
- Recommandations relatives à l'inspection des barrages après séismes (USCOLD 1984).
- Recommandations relatives à l'inspection des barrages après séismes (Comité National Coréen des Grands Barrages, 1984).
- Inspection spéciale des barrages après séismes (Ministère de la Construction, Japon, 1986).
- Commentaires formulés par le Comité des Grands Barrages de la Nouvelle-Zélande, 1987.

Après étude des publications mentionnées ci-dessus, il est apparu que les Recommandations préparées par le Comité national des Grands Barrages des États-Unis couvraient presque entièrement le sujet. En vue de maintenir l'homogénéité de la présentation, le Comité des Aspects Sismiques des Projets de Barrages de la CIGB a décidé d'utiliser la publication américaine comme base des Recommandations qui seront publiées en tant que Bulletin de la CIGB. Certains réarrangements mineurs ont été introduits pour parfaire la généralisation de ces Recommandations et introduire certains des commentaires formulés par le Comité des Grands Barrages de la Nouvelle-Zélande.

Il est entendu que ces Recommandations doivent être considérées comme des indications générales pour définir les mesures à entreprendre et que les différents pays pourront trouver utile d'introduire des spécifications complémentaires en vue de satisfaire des conditions particulières.

L'inspection immédiate d'un barrage après un séisme permet la collecte d'informations essentielles quant à la décision à prendre de poursuivre ou non l'exploitation de l'ouvrage. Une inspection ultérieure fournira des informations détaillées pour l'étude des réparations éventuelles et pour obtenir une vue plus complète du comportement des barrages soumis à séismes. Les présentes Recommandations sont à adapter à chaque cas afin de recueillir chaque fois les observations les plus significatives.

Par ailleurs, on espère que l'utilisation de ces Recommandations et la publication des résultats des inspections permettront aux projeteurs de barrages de disposer d'un important ensemble d'informations sur le comportement des barrages lors d'un séisme. En effet, les projeteurs ont mis au point des méthodes de calcul et d'essai des matériaux qui sont utilisées pour la prévision du comportement des

---

## PREFACE

---

The Guidelines for Inspection of Dams following Earthquakes were discussed by the Committee on Seismic Aspects of Dam Design during several meetings (1985, 1986, 1987) in accordance with the procedure agreed during the Committee Meeting in Tokyo in 1984.

First the following previous publications were taken into consideration :

- Suggested pre and post Earthquake Measures for Hydroelectric Projects (Ambraseys, November 1984).
- Observation and Inspection of Dams in Earthquake Zones (Chapter 6 of ICOLD Bulletin No. 46 : Seismicity and Dam Design, 1983).
- Guidelines for Inspection of Dams Following Earthquakes (USCOLD, 1984).
- Guidelines for Inspection of Dams Following Earthquakes (Korean National Committee on Large Dams, 1984).
- Special Inspection of Dams Following Earthquakes (Ministry of Construction, Japan, 1986).
- Comments of the New Zealand Society on Large Dams, 1987.

After considering the above-mentioned publications it was found that the Guidelines prepared by USCOLD cover almost entirely the subject. In order to maintain the consistency of presentation it was decided by the Committee on Seismic Aspects of Dam Design to use the USCOLD 1984 publication as the basis of the Guidelines to be issued as an ICOLD Bulletin. Some minor re-arrangements were made in order to reflect more general conditions and to take into account comments from the New Zealand Society on Large Dams.

It is understood that the Guidelines should serve as a general guide to procedures and that some countries might consider it necessary to introduce further specifications in order to suit more specific requirements.

Inspection immediately after an earthquake is most crucial to the decision regarding continued operation of the structure. A followup inspection will provide more detailed information for the design of any repairs and for an insight into structural performance under seismic loading. Inspection requirements for a dam can be made more meaningful by tailoring them for a specific dam using these guidelines.

Additionally it is hoped that the application of these guidelines and publication of the inspection findings will provide dam designers with a wealth of information on dam performance during earthquakes. Dam designers have developed analytical and materials testing techniques which are used to estimate the behaviour of materials and structures subject to seismic loadings. On the basis of these estimates,



matériaux et des ouvrages soumis à des charges sismiques. A partir de ces prévisions, on établit un projet et on construit un barrage. La vérification des méthodes de calcul et des techniques de construction est nécessaire afin que les ingénieurs et le grand public puissent se rendre compte de la fiabilité de ces méthodes et techniques. Cette vérification sera grandement améliorée par la publication de rapports complets et précis sur le comportement des barrages et de leurs ouvrages annexes lors des séismes.

---

## INTRODUCTION

---

Un séisme peut provoquer la rupture d'un barrage, ou des dégâts importants au barrage et à ses ouvrages annexes. Dans le second cas, des actions immédiates peuvent s'avérer nécessaires pour prévenir un affaiblissement ultérieur de l'ouvrage. Aussi, est-il nécessaire que les exploitants de barrages connaissent parfaitement les procédures à suivre en cas de séisme d'intensité susceptible de causer des dégâts.

La procédure de contrôle comporte deux phases :

- inspection immédiate par l'exploitant ou le gardien du barrage,
- inspection supplémentaire effectuée par des ingénieurs qualifiés.

Les inspections seront d'autant plus fructueuses que ces procédures seront adaptées à chaque barrage spécifique. Les procédures générales présentées dans le présent rapport peuvent être utilisées par les ingénieurs d'étude et d'exploitation pour l'établissement d'un ensemble de procédures d'inspection pour un barrage particulier. Ces procédures comportent la liste de toutes les parties de l'ouvrage à inspecter, dans un ordre de priorité bien établi et jugé le plus efficace. Le plan d'action doit également désigner les bureaux chargés de centraliser les informations. Les différents aspects des inspections sont présentés dans les chapitres suivants ; les listes-types des parties des ouvrages à visiter pouvant servir à l'établissement des instructions, sont données en annexe.

a design is prepared and the dam constructed. Verification of the adequacy of design and construction methods and the establishment of a high level of confidence in these methods within both the profession and the general public is necessary. Such verification will be greatly enhanced through complete and meaningful reporting on the behaviour of dams and appurtenant structures during earthquakes.

---

## INTRODUCTION

---

An earthquake may cause failure of a dam or cause severe damage to the dam and its appurtenant structures. In the event of damage, immediate action may be necessary to prevent further weakening of the structure. Accordingly, all dam operators should be carefully instructed in the procedures to be followed if an earthquake should occur that produces motions of intensity sufficient to possibly cause damage.

There are two phases to such an inspection procedure :

- an immediate inspection by the dam operator (dam tender), and
- a followup inspection by dam engineering professionals.

The inspections are most meaningful if the procedures are prepared for individual dams. The general procedures described herein may be used by professional persons conversant with the design and operation of the dam in the preparation of a set of inspection procedures for a specific dam. The procedures should list all of the features to be inspected, in an order believed to be the most important and efficient. Communication checkpoints to designated offices regarding the inspection should be a part of the plan. Aspects of the inspections are discussed below, and inspection checklists are given in the appendix to aid in preparing instructions.

---

# 1. INSPECTION IMMÉDIATE APRÈS UN SÉISME

---

Les règles à suivre par le gardien du barrage immédiatement après le séisme peuvent être basées sur les recommandations suivantes : si aucun gardien ne se trouve sur le site, les représentants de l'exploitant devront organiser l'inspection suivant les mêmes Recommandations :

A) En cas de séisme (ressenti ou signalé) répondant aux conditions suivantes :

<i>Magnitude Richter</i>	<i>Distance du barrage</i>
$\geq 4$	$\leq 25$ km
$\geq 5$	$\leq 50$ km
$\geq 6$	$\leq 80$ km
$\geq 7$	$\leq 125$ km
$\geq 8$	$\leq 200$ km

la procédure à suivre est la suivante :

1) En cas de détérioration du barrage provoquant une augmentation du débit à l'aval : action immédiate selon un plan pré-établi « rupture ou rupture imminente ».

2) Si le débit entrant à l'amont de la retenue est réduit de façon anormale, il est nécessaire d'inspecter la rivière pour voir s'il n'y a pas une obstruction amont due à un éboulement. Si c'est le cas il faut suivre le plan « rupture ou rupture imminente ».

3) Estimation de l'intensité du séisme à l'aide de l'Échelle modifiée de Mercalli (voir annexe), ou suivant une autre échelle d'intensité en usage dans le pays en question.

4) Immédiatement, observation visuelle complète du barrage.

5) En cas de détériorations visibles qui n'ont pas provoqué la rupture du barrage :

a) Observation rapide des détériorations (nature, localisation, importance). En cas de glissements de terrains, terrains humides, tassements du sol, noter leur localisation, leur importance, la vitesse de tassement et les répercussions sur les ouvrages annexes. Observation des autres éléments pertinents : résurgences, zones de percolation, niveaux d'eau à l'amont et à l'aval, conditions météorologiques. Évaluation du risque de rupture.

b) Contact immédiat avec le Bureau Central de Surveillance ou le Siège (si le personnel désigné n'est pas présent au Bureau). Si ce personnel désigné ne peut pas être mis au courant, appeler un responsable quelconque. Pour les liaisons par téléphone ou par radio, la personne qui donne les informations doit s'assurer que son nom, le nom du barrage, et l'importance des dégâts sont transmis sans erreur. Pour les dégâts, il est très important de faire comprendre à son interlocuteur l'évaluation et la description des risques au barrage. Les responsables informés doivent décider très rapidement des actions à entreprendre.

---

# 1. IMMEDIATE INSPECTION FOLLOWING EARTHQUAKE

---

It is suggested that the dam operator be given instructions according to the following guidelines for inspection of the facility immediately following an earthquake. If no operator is posted at the dam site, representatives of the organization responsible for the dam should undertake the inspection, following the same guidelines :

A) If an earthquake occurs or one has been reported to have occurred with a Richter magnitude of 4.0 or greater within a 25 km radius, 5.0 or greater within 50 km, 6.0 or greater within 80 km, 7.0 or greater within 125 km, or 8.0 or greater within a 200 km radius from the site, follow these procedures :

1) If the dam is damaged to the extent that there is increased or new flow passing downstream, immediately implement failure or impending failure procedures as previously planned.

2) If abnormally reduced flow is present at the upstream end of the storage, immediately inspect the river course for possibility of upstream damming due to landslide. If such is the case, implement failure or impending failure procedures.

3) Make an estimate of the intensity of the earthquake using the Modified Mercalli Intensity Scale shown in the appendix, or such Intensity Scale which is used in the country.

4) Immediately conduct a general overall visual inspection of the dam.

5) If visible damage has occurred but has not been serious enough to cause failure of the dam, make the following observations and contacts immediately :

a) Quickly observe the nature, location, and extent of damage. The description of damage such as slides, sloughs, and previously undetected subsidences should include location, extent, rate of subsidence, and effects on adjoining structures. Observations of other facts believed to be pertinent, such as springs or seeps, reservoir and tailwater elevations, and prevailing weather conditions should also be made. Evaluate potential for failure.

b) Report all information to the (*Supervisory*) Office, or, if key personnel are not available, report directly to the Headquarters Office. If communications cannot be established with these personnel, report directly to any responsible agency. When making a phone or radio report, be absolutely sure to state the dam name, your name, and extent of damage. When damage exists, it is extremely important that the one receiving your report understands your evaluation and description of the potential hazard at the dam. A decision on further actions required must be promptly made by one of these offices.

*c)* Faire une deuxième inspection des parties détériorées et maintenir des contacts avec les responsables.

*d)* Se tenir prêt à inspecter les ouvrages à nouveau en cas de séismes supplémentaires.

*e)* En l'absence du risque de rupture du barrage, procéder selon 6 ci-dessous.

6) Recherche détaillée des détériorations aux endroits suivants (liste à adapter à chaque barrage) :

*a)* Parements amont et aval : fissures, tassements, fuites.

*b)* Appuis : déplacement, fissures, nouvelles résurgences, mouvement (ou poursuite du mouvement) de blocs rocheux.

*c)* Drains, zones de percolation : augmentation ou arrêt du débit.

*d)* Évacuateurs de crue et vannes : modification d'alignement, détérioration des structures.

*e)* Ouvrages de vidange (chambre des vannes, galerie, vannes) : fissures, éclats de béton, déplacement, modification d'alignement des vannes.

*f)* Usine hydro-électriques : fissures, éclats de béton, déclenchement des groupes, détérioration des vannes, rupture des galeries ou des conduites.

*g)* Alimentation en énergie électrique, groupes de secours, équipements de secours.

*h)* Abords à l'amont et à l'aval du barrage : glissements, résurgences, sables bouillants, chutes de blocs.

*i)* Ouvrages de tête des canaux : fissures, éclats de béton, détériorations des structures.

*j)* Autres ouvrages annexes.

*k)* Galeries et conduites : apparition de limon, sable, gravier, fragments de rocher ou de béton dans les eaux.

7) Rapport aux mêmes responsables déjà mis au courant pendant le séisme (Bureau Central de Surveillance ou Siège).

8) En l'absence de détériorations visibles (barrage, digue, ouvrages annexes) : envoi d'un message « Absence de dégâts » au Bureau Central de Surveillance.

9) Poursuite des inspections et des mesures pendant 48 heures au moins ou selon les directives du Bureau Central de Surveillance pour détecter les incidents différés ou cachés éventuels.

10) Il se peut que certaines détériorations ne soient pas évidentes lors de l'inspection faite immédiatement après un séisme. Par exemple, les tassements des ouvrages, la réactivation d'anciens glissements, ou l'apparition de nouveaux glissements ou de nouvelles résurgences peuvent se manifester seulement plus tard, après l'inspection initiale. Il faut donc prévoir une deuxième inspection quinze jours ou un mois plus tard.

11) Les données concernant l'état des ouvrages et leur comportement face à un séisme peuvent être fournies par les lectures des appareils d'auscultation (pendules, piézomètres, sismographes, etc. installés dans le barrage et dans la fondation). Tous les appareils sont lus selon les consignes d'auscultation. La fréquence des lectures doit être très rapprochée pendant au moins 48 heures après le séisme.

Le Bureau Central de Surveillance doit se mettre en rapport avec les services

c) Reinspect the site of the damage and maintain communications with the key personnel previously receiving the report.

d) Be prepared to make additional inspections at any time because of possible aftershocks.

e) If there is no impending dam failure, continue to step (6).

6) Thoroughly inspect the following for damage (list as appropriate for specific dam) :

a) Both faces of the dam for cracks, settlement, or seepage.

b) Abutments for possible displacement, cracks, new springs, or large rocks that may have been or are being displaced.

c) Drains and seeps for increased flow or stoppage of flow.

d) Spillway structures and gates for misalignment or structural distress.

e) Outlet works control house, tunnel, and gate chamber for cracks or spalling of concrete, displacement, or valve or gate misalignment.

f) Powerplant facilities for cracks, spalling, tripped-out generators, gate or valve distress, and for any indication of water passage failure.

g) Power supply and standby power unit, and other emergency operating equipment.

h) Visible reservoir and downstream areas for landslides, new springs and sandboils, and rockfalls around the reservoir and in downstream areas.

i) Canal headworks for cracks, spalling, or structural distress.

j) Other appurtenant structures.

k) For tunnels and conduits, observe whether silt, sand, gravel, rock, or concrete fragments are being carried in the discharge stream.

7) Report findings to the (*Supervisory*) Office or to other personnel in the Headquarters Office to whom you previously reported during the earthquake.

8) If no apparent damage has occurred to the dam, embankment, or appurtenant structures, a " No Damage " report must be made to the (*Supervisory*) Office.

9) Continue to inspect and monitor the facilities for at least 48 hours or as instructed by the (*Supervisory*) Office because unobservable or delayed damage may occur.

10) Some damage to structures may not be readily apparent during an inspection immediately following an earthquake. It is possible that settlement of structures, reactivation of old slides, or development of new slides or springs may not occur with ground shaking but could appear after the initial inspection. A secondary inspection 2 weeks to a month after the initial inspection should be made.

11) Information on the condition of the structures and their performance with respect to the earthquake may be obtained from readings on the instrumentation including pendulums, piezometers, and seismographs installed in the dam and foundation.

Data should be collected from all instrumentation as described in the instructions and schedule for reading instruments. A schedule of very frequent readings should be followed for at least 48 hours after the earthquake.

It is important for the (*Supervisory*) Office to contact the seismological

de sismologie pour savoir s'il s'agit d'un choc précurseur d'un séisme plus important, ou du séisme proprement dit. Cette information permet d'orienter les actions à entreprendre sur le site.

B) En cas de perte totale des moyens de communications et de risque de rupture du barrage, la procédure-type est la suivante :

1) Inspection rapide du barrage et des appuis pour observer les incidents : zones humides, glissements, affaissements, résurgences, zones de percolation, autres signes de détérioration de la zone des appuis.

2) Évaluation du risque de rupture.

3) En cas de risque de rupture imminente, il faut en avvertir d'urgence les populations à l'aval. Si possible, faire appel aux Services de la Protection civile ou de la police, par radio ou directement (le gardien quittant le barrage pour établir le contact). Le Siège aura préalablement défini les conditions dans lesquelles l'exploitant (nom et fonctions) doit avvertir personnellement du danger les populations à l'aval.

4) Toutes mesures devront être prises pour abaisser le niveau de la retenue. Mais il faut être prudent lorsqu'il s'agit d'augmenter le débit passant par les ouvrages d'évacuation, en cas de cisaillement de la galerie, l'augmentation du débit risquant de provoquer un renard dans le barrage. Il peut être nécessaire de couper le débit des vannes (si c'est possible) pour éviter les renards.

5) Maintien du contact, ou poursuite des tentatives pour établir le contact avec le Bureau Central de Surveillance.

organization to determine whether the earthquake was only a foreshock of a more intensive earthquake, or if it was the main shock. Such information will guide further activities at the dam.

B) If all communications from the dam are lost and there is a potential danger for failure of the dam, use the following checklist as a guide :

1) Quickly inspect the dam and abutments for sloughs, slides, slumps, springs or seeps, and other signs of distress near dam abutments.

2) Evaluate potential danger of failure.

3) If failure is imminent, warning to downstream residents is essential. If possible, enlist aid of the Civil Defense or police by radio or by leaving the dam to make contact. Conditions whereby the warning of downstream residents by the *(title and name of dam operator)* personally should be defined by the Headquarters Office.

4) All measures should be used to reduce storage in the reservoir. Caution should be used in increasing discharge through the outlet works because the conduit may be sheared and increased flow could cause piping of the dam. It may be necessary to cut off the flow in the outlet works (if possible) to avoid piping.

5) Continue to attempt or maintain contact with any *(Supervisory)* Office.



---

## 2. INSPECTION ULTÉRIEURE

---

Si l'exploitant du barrage fait état de détériorations, il convient de faire venir, au plus tôt, des ingénieurs qualifiés pour procéder à l'évaluation technique de l'importance de celles-ci et du niveau de risque qui en résulte. Les membres de l'équipe d'inspection doivent être conscients des différents modes et causes possibles de rupture d'un barrage et de ses ouvrages annexes; ils doivent également avoir une bonne connaissance des principales caractéristiques du projet. La liste proposée des problèmes à examiner pendant cette phase de l'inspection figure en annexe; les grandes lignes de l'inspection sont proposées ci-dessous.

### 2.1. MODES ET CAUSES POSSIBLES DE RUPTURE

L'équipe chargée de l'inspection doit connaître les différents modes de rupture des barrages. Les membres auront étudié les ruptures survenues précédemment afin de renforcer leurs connaissances techniques dans le domaine des causes et modes de rupture des barrages. Les publications sur les incidents survenus aux barrages et sur la sécurité des barrages sont très conseillées (voir Bulletin n° 46 publié par la CIGB).

Les faiblesses d'un barrage et de sa fondation peuvent revêtir de nombreuses formes. Les causes les plus fréquentes de rupture sont présentées ci-dessous, ainsi qu'un certain nombre d'exemples de conditions défavorables. La liste des conditions défavorables qui peuvent entraîner la rupture est la suivante :

<b>Catégorie de rupture</b>	<b>Causes</b>
Instabilité de la fondation	<ul style="list-style-type: none"><li>— Liquéfaction</li><li>— Glissements</li><li>— Effondrements</li><li>— Entraînement ou dissolution de matériaux par l'eau</li><li>— Mouvements de failles près du barrage (ou en dessous)</li></ul>
Évacuateurs de crues défectueux	<ul style="list-style-type: none"><li>— Obstructions</li><li>— Revêtements détériorés</li><li>— Détériorations des vannes ou des treuils</li><li>— Déplacements des dalles</li></ul>
Ouvrages de vidange défectueux	<ul style="list-style-type: none"><li>— Obstructions</li><li>— Détériorations des vannes ou des treuils</li><li>— Déplacements des revêtements</li></ul>
Barrages en béton défectueux	<ul style="list-style-type: none"><li>— Sous-pressions importantes</li><li>— Répartition anormale des sous-pressions</li></ul>

---

## 2. FOLLOWUP INSPECTION

---

In the event that the dam operator reports that damage has occurred, qualified engineering personnel should be dispatched as rapidly as possible to the dam to make a technical evaluation of the extent of damage and the degree of hazard it presents. The members of such an inspection team should be familiar with the possible modes and causes of failure of a dam and its associated structures, and should also be familiar with the main features of the project. Suggested checklists for use in this phase of the inspection are presented in the appendix, and guidance for the inspection is given in this section.

### 2.1. POSSIBLE MODES AND CAUSES OF FAILURE

The members of an inspection team must be aware of the modes of dam failures. Research and study of previous failures are required for the team members to reinforce their engineering understanding of how and why failures occur. Of particular value are the Publications on Dam Incidents and Dam Safety (*vide* ICOLD Bulletin 46).

Weaknesses in a dam or foundation may take many forms. Some of the more common causes of dam failures, and examples of adverse conditions are discussed in this section. Adverse conditions that can lead to failure are categorized :

<b>Failure category</b>	<b>Causes</b>
Foundation instability	<ul style="list-style-type: none"><li>— Liquefaction</li><li>— Slides</li><li>— Subsidence</li><li>— Removal of solid and/or soluble materials by water</li><li>— Movement on faults under or adjacent to dam</li></ul>
Defective spillways	<ul style="list-style-type: none"><li>— Obstructions</li><li>— Broken linings</li><li>— Damaged gates and hoists</li><li>— Slab displacement</li></ul>
Defective outlets	<ul style="list-style-type: none"><li>— Obstructions</li><li>— Damaged gates and hoists</li><li>— Displaced linings</li></ul>
Concrete dam defects	<ul style="list-style-type: none"><li>— High uplift</li><li>— Unanticipated uplift distribution</li><li>— Differential displacements and deflections</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Déplacements ou déformations différentiels</li> <li>— Surcharges mécaniques, notamment au pied aval (mises en évidence par des fissurations ou écrasements du béton)</li> </ul>
Barrages en remblai défectueux	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Liquéfaction</li> <li>— Instabilité de talus</li> <li>— Percolations importantes</li> <li>— Entraînement ou dissolution de matériaux</li> <li>— Érosion</li> <li>— Fissures ou trous d'effondrement résultant de l'activité sismique</li> </ul>
Bords de la retenue défectueux	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Instabilité de pente</li> <li>— Faiblesses propres aux barrières naturelles</li> <li>— Dolines provoquées par les secousses sismiques</li> </ul>

### 2.1.1. Défauts des fondations

Ces défauts proviennent de la qualité des matériaux de fondation ou des caractéristiques des traitements de fondation exécutés. Les tassements différentiels, les glissements, les pressions excessives, les zones ou plans de faiblesse, la maîtrise insuffisante des écoulements souterrains peuvent être des causes de rupture.

Une fondation de faible résistance au cisaillement ou qui comporte des zones de matériau de résistance mécanique médiocre (schistes, bentonite, matériau de remplissage des failles, ...) peut être le siège de glissements provoquant parfois des glissements dans la digue en remblai. Les zones de matériau perméable où les mesures pour décharger les pressions excessives ne sont pas prises peuvent être le siège d'une montée des pressions, suivie de glissement.

Les écoulements dans la fondation peuvent entraîner les matériaux solides (renards) ou lessiver les matériaux solubles. Il en résulte des vides qui grandissent jusqu'à ce que le matériau au-dessus, privé de support, s'effondre, avec rupture partielle de la fondation. En outre, l'eau peut détériorer certains matériaux, tels que les schistes argileux ; sa présence peut également réduire la résistance au cisaillement du massif rocheux ou du contact béton-rocher.

Certaines faiblesses peuvent être détectées par examen visuel de la fondation lors de la visite du site. Les fissures visibles sur les parements peuvent traduire des mouvements dans la fondation. L'érosion interne (renards) peut se manifester par la présence de sédiments dans les eaux de percolation, mais en cas de lessivage des matériaux solubles, l'analyse chimique seule permettra d'étudier le problème de lessivage ou d'érosion interne.

### 2.1.2. Évacuateurs de crue et ouvrages de vidange

L'observation visuelle lors d'une visite peut déceler un grand nombre de conditions défavorables : obstructions, faiblesses mécaniques, drains défectueux...

- |                          |  |
|--------------------------|--|
| Embankment dam defects   | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Overstressing, particularly at downstream toe, as may be evidenced by cracking or crushing of the concrete</li> <li>— Liquefaction</li> <li>— Slope instability</li> <li>— Excessive seepage</li> <li>— Removal of solid and soluble materials</li> <li>— Soil erosion</li> <li>— Cracks or sinkholes opened by seismic activity</li> </ul> |
| Reservoir margin defects | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Slope instability</li> <li>— Inherent weaknesses of natural barriers</li> <li>— Sinkholes opened by seismic shocks</li> </ul>   |

### **2.1.1. Foundation Deficiencies**

These deficiencies are associated with the quality of the foundation materials or with the foundation treatment. Differential settlements, slides, excessive pressures, weak seams or zones, and inadequate control of seepage are all common potential failure mechanisms within a foundation.

Foundations which have a low shear strength or seams of weak material such as shales, bentonite, or fault gouge can result in sliding of the foundation and embankment. Also, seams of pervious material in the foundation which have no provisions for pressure relief can form excessive uplift pressures and cause sliding.

Seepage through the foundation can cause piping of solid materials or the erosion of soluble materials by solutioning. This removal of foundation material forms voids which can increase until a portion of the remaining unsupported material collapses and failure of a section of the foundation occurs. Water can also cause a breakdown of some foundation materials such as shales, or reduce the shear strength of the foundation rock or the dam-rock contact.

Some of these weaknesses can be identified by visual examination of the foundation environs during an onsite inspection. Visible cracks in a dam can be indicative of foundation movement. Visual evidence of piping would be sediment in the seepage water, whereas the washing of soluble material into solution would require chemical analyses to detect solutioning or piping.

### **2.1.2. Spillway and Outlet Works**

Many adverse conditions such as obstructions to the flow, structural weaknesses, or faulty underdrains can be identified by visual examination during an

La rupture d'un conduit, d'une galerie, etc. peut perturber l'écoulement. Les manifestations en seraient une baisse du débit ou une turbulence anormale de l'écoulement. La perte de l'alimentation en énergie des organes de commande peut créer une situation susceptible de compromettre la sécurité du barrage.

Les évacuateurs et ouvrages de vidange équipés de vannes ne peuvent remplir leurs fonctions que si les vannes fonctionnent normalement. La défaillance de ces ouvrages par suite d'incidents survenus aux vannes ou à leurs organes de commande, peut mettre en danger la sécurité du barrage. Ces incidents peuvent être provoqués par les mouvements de la structure qui supporte ces organes, et se traduira par un coincement des vannes ou une obstruction par des débris. En cas de doute, ou de risque d'incident, il est prudent de manœuvrer les vannes le plus tôt possible après le séisme pour s'assurer de leur bon fonctionnement.

Un glissement du talus dominant l'entrée des ouvrages d'évacuation peut obstruer l'entonnoir. Il peut également détériorer l'ouvrage de prise et ses organes métalliques (vannes, treuils, moteurs d'entraînement).

La fissuration ou le déplacement des ouvrages en béton peut être la preuve d'un incident grave. Le séisme peut déplacer les dalles du radier d'un coursier ou d'un bassin de réception avec, pour conséquence, une modification de l'efficacité des drains et une montée des sous-pressions.

### **2.1.3. Percolations**

Dans un barrage en béton, les percolations sont localisées principalement dans les joints de contraction, ou dans les joints de construction et reprises défectueux. La fissuration du béton peut également être le siège de fuites. Ainsi, on prévoit des drains dans la masse du béton pour collecter ces fuites et réduire les pressions qui risquent d'apparaître sur les surfaces des levées.

Pour les digues en remblai et les fondations, les percolations, si elles ne sont pas convenablement maîtrisées, risquent d'entraîner les matériaux les plus fins du barrage ou de sa fondation vers des sorties sans filtres, créant ainsi des vides pouvant conduire à la rupture par effet de renard; ces percolations peuvent également provoquer des pressions interstitielles exagérément élevées avec, pour conséquence, l'affaiblissement du massif, accompagné parfois de résurgences, zones en bouillonnance ou de glissements de talus.

De même, dans le cas d'un barrage en béton, ces fuites à travers les appuis ou la fondation peuvent également provoquer des renards ou des vides, conduisant à des effets d'arc dans l'appui et à une concentration de contraintes dans le béton de façon néfaste. Une telle situation dans les appuis ou la fondation d'un barrage en remblai avec formation de renards ou « tunnels » sous la digue peut entraîner l'effondrement des matériaux avoisinants. Ce mécanisme peut conduire à une fissuration due au tassement et, en phase ultime, à une brèche dans la digue.

L'augmentation des sous-pressions à la base du barrage, due aux écoulements dans des plans de discontinuité (diaclasses, couches de matériaux perméables) peut traduire une dégradation du rideau d'injection et des drains de fondation. Si cette montée en pressions atteint des valeurs très élevées ou qu'elle dépasse les valeurs maximales admises dans le projet, la stabilité de la digue peut se trouver compromise.

onsite inspection. Structural failure in a conduit, tunnel or other conveyance structure could obstruct the flow in the system, which would be evidenced by a reduction or unusual turbulence in the flow. Loss of the power source to operate facilities may also present operational conditions which compromise the safety of the dam.

Spillways and outlet works controlled by gates and/or valves can only function as designed if the gates and valves can be operated as intended. If a spillway or outlet works cannot be operated due to faulty gates, valves, or operating equipment, the dam could be in danger of failure. Faulty operation of gates, valves, or operating equipment can result from settlement or shifting of the support structure, and could cause binding of gates or blockage by debris. If damage is suspected or likely, gates should be operated soon after the earthquake to verify operation.

Slides from the slopes above the inlet can block the approach channel. Slides could also damage the intake structure and associated metalwork such as gates, hoists, and motors.

Cracking and movement of concrete structures may indicate distress. Floor slabs in a chute and stilling basin may be displaced by seismic activity, and may change the drain capabilities and cause excessive uplift.

### **2.1.3. Seepage**

The main source of seepage within a concrete dam is through contraction joints or along unbonded construction joints or lift lines. Cracks in the mass concrete are also a potential source of seepage in the structure. Formed drains installed in the dam are designed to intercept the seepage and reduce the pressures which could develop along lift lines.

Uncontrolled seepage through an embankment dam or foundation can cause the movement of soil to unfiltered exists, creating voids which can lead to a « piping » failure, and result in excess pore pressures which weakens the soil mass and may cause springs, boils, or slope failures.

Uncontrolled seepage through the abutment or foundation of a concrete dam can form « pipes » or voids, causing bridging of sections of the abutment and resulting in an undesirable concentration of stresses in the concrete. In the abutment or foundation of an earth dam, uncontrolled seepage also can form “ pipes ” or “ tunnels ” under the embankment, which can cause the collapse of surrounding materials. This can then lead to the formation of settlement cracks or ultimately to breaching of the embankment.

Increased uplift at the base of the dam from percolation or seepage of water along underlying foundation seams or joint systems may be an indication of reduced effectiveness of the foundation grouting and the drainage system. If the uplift values are extreme or exceed the design assumptions, the stability of the dam may be reduced.

#### **2.1.4. Matériaux défectueux ou médiocres**

Les sols saturés, de faibles densité et cohésion, situés dans une digue en remblai ou dans sa fondation, peuvent être le siège de pressions interstitielles et subir une perte de résistance au cisaillement sous l'action des cisaillements résultant d'un séisme. Selon les divers facteurs (caractéristiques des matériaux, conditions locales, état des contraintes avant le séisme, grandeurs et durée des efforts appliqués par le séisme), la digue ou sa fondation peut ainsi souffrir d'instabilité, de tassements verticaux excessifs (avec réduction de la revanche au sommet), ou de fissuration. Les digues construites par remblayage hydraulique sont particulièrement sensibles aux séismes, compte tenu des risques de liquéfaction de ce genre d'ouvrage.

#### **2.1.5. Surcharge des barrages en béton**

Le dépassement des seuils de contraintes admissibles dans les barrages en béton provoquent des détériorations et des fissurations qui sont généralement décelables par une inspection visuelle. Les fissurations, ouvertures des surfaces de reprise de bétonnage ou de joints de construction, modifications du régime des fuites, déplacements différentiels, sont autant de signes d'un début de surcharge. Ces contraintes excessives peuvent se manifester, soit à la base du barrage (du fait de déplacements différentiels ou de grands mouvements de la fondation), soit dans le corps du barrage (où les contraintes sont élevées). Elles peuvent être la conséquence d'une charge appliquée anormale (séismes, variations de température, pression d'injection lors des clavages, mouvements dans la fondation, sous-pressions excessives dans la fondation ou dans les reprises défectueuses).

#### **2.1.6. Défauts des bords de la retenue**

Le phénomène d'instabilité le plus fréquent correspond aux glissements de versants. Pour l'évaluation du risque, on s'attache généralement à déterminer le volume du glissement; cependant, il suffit parfois d'un petit glissement à un endroit critique pour mettre hors service un évacuateur ou un ouvrage de vidange, compromettant ainsi la sécurité du barrage.

### **2.2. DÉTAILS DE L'INSPECTION APRÈS UN SÉISME**

Il convient de procéder à une inspection détaillée après un séisme afin de déterminer les modifications éventuelles provoquées par le séisme. Des croquis sont utiles pour la définition exacte de la nature et de l'ampleur des dégâts. Les conséquences visibles du séisme devraient être photographiées au plus tôt. Ces documents sont d'une valeur inestimable pour déterminer si les détériorations continuent ou non de s'aggraver. Il importe d'effectuer les lectures de tous les appareils de mesure et d'auscultation équipant le barrage, la fondation et les abords. Pour la surveillance globale des ouvrages et la surveillance des zones détériorées, il est parfois souhaitable de procéder à un relevé topographique de grande précision ou à la mise en place temporaire d'un complément d'appareils (sismographes pour fortes intensités [ *strong motion* ], etc.). Des mesures spéciales doivent être prises pour s'assurer que les enregistrements des sismographes sont parfaitement collectés et adressés aux responsables pour leur interprétation.

#### **2.1.4. Defective or Inferior Materials**

Low-density, saturated, cohesionless soils in an embankment or foundation can experience an increase in pore pressure and loss in shear strength when subjected to earthquake-induced shear stresses.

Depending on a variety of factors including material properties and in-place conditions, preearthquake stress conditions, and magnitude and duration of seismic-induced stresses, the embankment or its foundation may exhibit instability, excessive vertical settlements, and loss in freeboard, or cracking. Embankment dams constructed by hydraulic fill techniques have been found to be particularly susceptible to earthquake-induced damage because of the potential for liquefaction under earthquake loading.

#### **2.1.5. Concrete Dam Overstressing**

Overstressing in a concrete dam normally creates areas of distress and cracking that usually can be identified visually. Cracking, opening of lift lines or construction joints, changes in seepage, and differential movements are all indications of potential overstressing. The overstressing may occur along the foundation because of differential or extreme foundation movements, or at any location in the mass concrete of the dam where stresses are excessive. The overstressing may be due to unusual external loading conditions such as earthquakes, temperature variations, contraction joint grouting pressures, foundation movements, or excessive uplift pressures in the foundation or along unbonded lift lines.

#### **2.1.6. Reservoir Margin Defects**

Landslides are the most prevalent form of instability affecting reservoir margins. The size of a landslide usually is the primary consideration when evaluating the safety aspects; however, a small landslide in a critical location could disable a spillway or outlet and create an unsafe condition for the dam.

### **2.2. FEATURES TO BE INSPECTED AFTER EARTHQUAKE**

All features should be inspected to determine whether there are any changes that may have been a result of the earthquake. Sketches may help to describe the nature and extent of any damages. Photographs should be obtained as soon as possible of any visible results from the seismic activity. These records will be invaluable in determining if there is additional distress developing in the structures. Measurements and readings should be taken of all instrumentation installed in the dam and foundation and in the immediate area. Additional precise surveys, temporary strong-motion seismographs, and other instrumentation may be desirable to monitor structures and individual damage locations. Special steps need to be taken to ensure that records from the seismographs are properly extracted and given to those responsible for their interpretation.



### 2.2.1. Barrages en remblai

Souvent, l'observation des talus de la digue permet de déduire le comportement de l'intérieur du barrage. C'est pourquoi il importe d'observer l'ensemble des surfaces visibles du remblai.

On procédera à la recherche détaillée des signes de déplacements, fissures, trous d'effondrement, résurgences, suintements. Il est possible qu'un ou plusieurs de ces phénomènes continuent de s'accroître et, dans ce cas, et faute de remède approprié, il peut en résulter la rupture du barrage.

L'observation visuelle décèle souvent les déplacements de surface d'une digue. La visée, à l'œil nu, des alignements normalement parallèles ou concentriques à l'axe du barrage (route ou parapet de crête, garde-corps, canalisations, tranchées, etc.) aide souvent à déceler des zones de déplacement superficiel. Sur la crête, on recherchera les zones d'affaissement et les zones de fissuration qui sont parfois signes de glissement, de tassement, de renflement des surfaces. Les talus amont et aval, ainsi que la zone à l'aval de la digue, peuvent manifester des phénomènes du même ordre (renflements, affaissements ou, en général, toutes autres variations par rapport aux surfaces planes et régulières initialement construites). En cas de doute, et s'il existe un réseau de bornes topographiques, on procédera à un nouveau relevé.

Les fissures à la surface d'une digue témoignent parfois d'un état éventuellement dangereux. Les fissures superficielles ont souvent pour cause le dessèchement et le retrait des matériaux situés près de la surface du remblai; il convient de noter la profondeur et l'orientation de ces fissures pour en déterminer leur origine. Des ouvertures ou des pentes raides sur la crête ou sur les talus de la digue sont signes de glissement; on examinera ces zones avec soin pour déterminer la localisation et l'étendue des glissements. Les fissures superficielles dans la zone du contact du remblai avec ses appuis ou avec les ouvrages en béton peuvent témoigner d'un tassement du remblai; en cas de fissuration intense, il y a risque de création d'un chemin de fuite privilégié au contact. Il convient donc d'observer ces zones avec grand soin. Des tassements différentiels entre les différentes zones du remblai peuvent également créer des fissures.

On observera le talus et le pied aval de la digue, la zone en aval et les appuis pour déceler les zones de suintement, les zones marécageuses, les zones de boulangerie, les affaissements, les trous d'effondrement, les résurgences correspondant à des écoulements concentrés ou importants traversant le remblai ou les appuis. Les autres signes de telles fuites sont : zones molles, dépôts laissés par l'évaporation des fuites, poussée anormale de la végétation et, dans les régions froides, amas de glace ou, au contraire, fonte rapide de la neige. On examinera les fuites à la sortie pour noter l'entraînement éventuel de matériaux en suspension; en cas de risque de lessivage, des échantillons des eaux d'écoulement (et de l'eau de la retenue) seront prélevés en vue de leur analyse chimique. On notera également le goût et la température des fuites pour aider à la détermination de leur origine. Pour les zones saturées, il faut déterminer leur nature : humidités superficielles, fuites à travers le remblai, etc. Les zones humides, les résurgences et les zones de boulangerie seront reportées avec précision sur un plan pour être comparées avec les résultats des observations ultérieures. Les débits de fuite seront mesurés plus fréquemment pour connaître un développement éventuel qui risquerait de compromettre la sécurité.

Un contrôle des drains permet de déceler les variations de débit (en plus ou en moins) et les obstructions des drains par des matériaux.

### **2.2.1. Embankment Dams**

The external surfaces of an embankment dam can often provide clues to the behavior of the interior of the structure. For this reason, a thorough examination of all exposed surfaces of the dam should be made.

The embankment should be carefully examined for any evidence of displacement, cracks, sinkholes, springs, and wet spots. Any of these conditions may be in a developing mode and, if they worsen and are not corrected, ultimately could lead to failure of the embankment.

Surface displacement on an embankment often can be detected by visual examination. Sighting along the line of embankment roads, parapet walls, utility lines, guardrails, longitudinal conduits, or other lineaments parallel or concentric to the embankment axis can sometimes identify surface movements of the embankment. The crest should be examined for depressions and crack patterns that could indicate sliding, settlement, or bulging movements. The upstream and downstream slopes and areas downstream of the embankment should be examined for any sign of bulging, depressions, or other variance from smooth, uniform face planes. If a permanent system of monuments for measurement of movement exists, and if any movement is suspected, a resurvey should be made.

Cracks on the surface of an embankment can be indicative of potentially unsafe conditions. Surface cracks are often caused by desiccation and shrinkage of materials near the surface of the embankment; however, the depth and orientation of the cracks should be determined for a better understanding of their cause. Openings or escarpments on the embankment crest or slopes can identify slides and a close examination of these areas should be made to outline the location and extent of the slide mass. Surface cracks near the embankment-abutment contacts, and contacts with other structures can be an indication of settlement of the embankment and, if severe enough, a path for seepage can develop along the contact. Therefore, these locations must be thoroughly examined. Cracks can also indicate differential settlement between embankment zones.

The downstream face and toe of the dam, areas downstream of the embankment, and natural abutments should be examined for wet spots, boils, depressions, sinkholes, or springs which may indicate concentrated or excessive seepage through the dam or abutments. Other indicators of seepage are soft spots, deposits from evaporation of water, abnormal growth or vegetation and, in colder climates, ice accumulation or areas where rapid snowmelt occurs. Seepage water should be examined for any suspended solids and, if solutioning is suspected, samples of the seepage and reservoir water should be collected for chemical analyses. Seepage also should be tested for taste and temperature to help identify its source. If saturated areas are located, they should be studied to determine if the wet spot(s) are a result of surface moisture, embankment seepage, or other sources. Wet areas, springs, and boils should be located accurately and mapped for comparison with future inspections. Seepage should be measured and monitored on an increased frequency to ensure that an adverse trend does not develop which could lead to an unsafe condition.

Drainage systems should be inspected for increased or decreased flow and for any obstructions which could plug the drains.

Outre son rôle de vérification des prévisions de comportement du barrage et de sa fondation, les appareils d'auscultation peuvent également indiquer des évolutions néfastes.

### **2.2.2. Barrages en béton ou en maçonnerie**

Il existe différents types de barrages en béton : poids, à contreforts, voûtes-multiples et voûte-unique. Les barrages en maçonnerie sont assimilés à un ouvrage poids comportant un grand nombre de joints. Quel que soit le type, tous ces barrages répondent aux mêmes conditions en ce qui concerne la sécurité.

Après un séisme, le contrôle permet de mettre en évidence les signes de détériorations (valeurs anormalement élevées des contraintes ou des déformations, instabilité). Généralement, le barrage est équipé de repères topographiques et de pendules dont les mesures périodiques permettent de se rendre compte des mouvements du barrage, ces résultats étant reportés graphiquement pour déceler les évolutions de comportement. En outre, certains signes de mouvement sont décelables lors de l'inspection : pour un barrage-poids ou en maçonnerie, on vise, à l'œil nu, la ligne de crête du parapet ou du garde-corps, d'un appui à l'autre. Chaque joint de contraction, ou chaque ligne de blocs pour un barrage en maçonnerie, sera observé pour rechercher les mouvements différentiels entre plots ou entre blocs. Les joints seront examinés pour déceler toute ouverture ou fermeture anormale, tout mouvement exagéré. Au contact de la fondation, les signes de déplacements différentiels du barrage par rapport à la fondation seront recherchés.

Toutes les fissures et tous les éclats de béton ou de pierre visibles sur les parements du barrage et dans les galeries seront notés. Pour les barrages-poids, la zone de fissuration préférentielle est située à la partie haute; pour les barrages-voûtes, elle est localisée près des appuis, et sur l'arc supérieur. On recherchera la correspondance entre les fissures relevées en galerie et celles des parements. Les fissures et les éclats relevés précédemment seront examinés pour identifier leurs évolutions éventuelles. Pour les fissures et les éclats nouvellement observés, leur type (fissure de traction, d'écrasement) et leur origine seront notés.

Pour les fuites, on examinera l'origine possible, par exemple : reprises de bétonnage défectueuses, rupture de joint d'étanchéité, fissuration de la masse du béton, érosion du mortier. Le débit des fuites sera comparé aux mesures antérieures correspondant au même niveau de retenue, pour déceler les variations éventuelles importantes.

Les drains et les barbacanes seront contrôlés; ils doivent rester ouverts et fonctionner selon les prévisions. On notera toute variation importante de débit des drains situés dans le barrage et dans la fondation.

### **2.2.3. Appuis et fondation**

Les zones critiques de la fondation et des appuis sont généralement immergées et, ainsi, ne sont pas accessibles à l'observation directe. Les parties amont sont recouvertes par l'eau de la retenue. Pour cette raison, l'examen direct est limité au contact aval des appuis et au pied aval du barrage. Les galeries d'injection et de drainage peuvent également être visitables. De plus, il est parfois possible d'accéder aux fondations des ouvrages annexes. Le comportement des ouvrages est souvent le reflet des modifications survenues dans la fondation.

In addition to verifying anticipated embankment and foundation performance, instrumentation also can be an indicator of developing unsafe conditions.

### **2.2.2. Concrete and Masonry Dams**

Concrete dams encompass a variety of structures which include gravity, slab and buttress, multiple arch, and single arch dams. Masonry dams may be considered as a gravity structure with many joints. Regardless of the type, all dams are subject to the same basic considerations with respect to safety.

The dam should be checked for indications of excessive stress and strain as well as signs of instability. Most dams have survey points and/or plumb lines for regularly scheduled measurements of movement within the dam, the results of which can be plotted to determine the behavioral trend. There are obvious indications of movement which can be noted during an inspection. A gravity or masonry dam usually can be checked by sighting along the parapets or handrails from one abutment to the other. Each contraction joint or row of masonry blocks should be examined for evidence of differential movement between adjacent blocks. The joints should be examined for evidence of excessive expansion or contraction and excessive movement. The foundation contacts should be examined for any evidence of differential movement between the dam and the foundation.

All cracks and spalls on the dam faces and in the galleries should be examined. Gravity dams would more likely show new cracking in the upper part of the dam, and arch dams near the abutment and top arch. Gallery cracks should be examined to see if they coincide with face cracks. Cracks and spalls noted during past inspections should be examined for any change of condition. New cracks and spalls should be noted and examined to determine the type, such as tension or crushing, and the reasons for their existence.

Seepage should be examined to determine the possible sources such as poor bond on lift lines, waterstop failure, structural cracks, and erosion of mortar. The quantity of seepage should be compared with previously observed quantities to determine if there has been any significant change in the flow for similar reservoir elevations.

Drain and weep holes should be checked to determine if they are open and functioning as designed. Drains in the foundation and the dam should be examined to determine if there have been significant changes in their flow.

### **2.2.3. Abutments and Foundation**

Critical areas of the abutments and foundations are usually covered and not available for direct inspection. Inspection of upstream portions of the abutments and foundation is normally not possible because of reservoir storage. Therefore, physical examination is typically limited to the downstream abutment contacts and toe of the dam. Grouting and drainage tunnels also may be available for inspection. Reaction of structures often reflects foundation changes.

Les signes de percolation néfaste sont parfois évidents, parfois très subtiles. L'attention est attirée immédiatement sur les variations de débit mesurées aux drains (en plus ou en moins). Un autre élément significatif est le démarrage plus fréquent des pompes d'exhaure. La turbidité (matériaux solides en suspension) des fuites prouve la présence d'érosion interne (renards) et constitue un phénomène très préoccupant.

En cas de possibilité de lessivage (matériaux solides dissous), il convient de prendre des échantillons de l'eau de percolation en vue de son analyse chimique. Cette analyse est destinée à préciser le matériau en jeu. Si l'on mesure le débit, la vitesse de lessivage peut être estimée.

#### **2.2.4. Retenue**

Généralement, la cuvette a peu d'influence sur la stabilité du barrage. Néanmoins, il convient d'examiner cette zone pour déceler les phénomènes éventuellement capables de compromettre la sécurité d'exploitation.

Les abords de la cuvette seront examinés en vue de déceler les manifestations de phénomènes susceptibles de nuire à la sécurité du barrage ou de la retenue. Les formes topographiques et la structure géologique régionale seront établies. Il convient d'examiner les zones d'extraction (minerai, charbon, gaz, pétrole, eau). Une inspection régionale portera sur les signes d'affaissement (dolines, ravins, tassements des routes et des ouvrages d'art). Le comportement d'ouvrages fondés sur la même formation géologique que le barrage pourra fournir des renseignements sur le comportement possible de celui-ci et de ses ouvrages annexes. Lors de tous ces contrôles, le niveau de la retenue devra être enregistré.

Les surfaces de la cuvette devront être examinées afin de relever les affaissements, les dolines, l'érosion des talus naturels ou des revêtements du réservoir. On notera également tout phénomène d'envasement anormal, pouvant influencer la charge appliquée au barrage ou conduire au blocage des entonnements des évacuateurs ou des ouvrages de vidange.

Il faut visiter les zones des bassins versants situés à proximité du réservoir. Toutes nouvelles fuites ou résurgences peuvent indiquer des percolations de l'eau du réservoir à travers les rives. Dans ce cas, l'instabilité des pentes est à craindre.

#### **2.2.5. Glissements de terrain**

Le terme « glissement » comprend tous les types de mouvements de terrain en masse pouvant affecter le barrage, les ouvrages annexes, la retenue ou les voies d'accès. Il comprend également les glissements actifs, inactifs et potentiels, depuis les petits talus d'instabilité jusqu'aux mouvements de grand volume. Outre ces glissements, l'inspection doit porter sur les chutes ou glissements de blocs rocheux ou de masses homogènes; ces phénomènes peuvent se produire non seulement sur les rives de la cuvette mais aussi sur les appuis du barrage et sur les versants dominant l'usine hydro-électrique.

Le groupe d'experts comprendra au moins un membre ayant de bonnes connaissances des problèmes des glissements (origine, mécanisme, caractéristiques, symptômes, remèdes). Les zones de glissement se manifestent souvent sous la forme de talus raides, d'arbres penchés, de rupture de pente des collines, de modification d'alignement.

Indications of harmful seepage may be quite obvious or very subtle. Changes in measured flow from monitored drains, whether increases or decreases, are immediately suspect. Another indication of changes might be increased frequency of sump pump operation. The presence of suspended particles in seepage water is evidence that piping is taking place and is cause for immediate concern.

When the possibility of solutioning exists, samples of reservoir and seepage water should be collected for water quality analyses. Such analyses can identify the soluble material. If the rate of seepage can be determined, the rate of solutioning can be estimated.

#### **2.2.4. Reservoir**

The reservoir basin usually does not directly affect the stability of the dam; however, the reservoir should be examined for features which may compromise the safe operation of the dam and reservoir.

The region around the reservoir should be examined for indications of problems which might affect the safety of the dam or reservoir. Landforms and regional geologic structures should be assessed. Areas of mineral, coal, gas, oil, and ground-water extractions should be examined. The region should be checked for subsidence indications such as sinkholes, trenches, and settlement of highways and structures. The reaction of other structures on the same formation may provide information on the possible behavior of the dam and appurtenances. Whenever an inspection is made, the elevation of the reservoir should be recorded.

The reservoir basin surfaces should be examined for depressions, sinkholes, or erosion of natural surfaces or reservoir linings. The reservoir basin should also be inspected for excessive siltation, which can adversely affect the loading of the dam or obstruct the inlet channels to the spillway or outlet works.

The drainage basins in areas adjacent to but on the outside of the reservoir rim should be examined. Any new springs or seepage areas may indicate that reservoir water is passing through the reservoir rim. Such seepage also may cause land instability in these areas.

#### **2.2.5. Landslides**

Landslides, as used herein, include all forms of mass movement that can affect the dam, appurtenances, reservoir, or access routes. They include active, inactive, and potential slide areas which can range from minor slope raveling to large volume movements. In addition to slide phenomenon, the inspection also should determine if there has been any toppling or sliding of intact rock blocks or masses. These can occur not only in the reservoir but also in the abutments of the dam and above powerhouses.

At least one team member should be knowledgeable about landslide causes, mechanisms, characteristics, symptoms, and treatment. Slide areas often can be identified by escarpments, leaning trees, hillside distortions, or misalignment of linear features.

### 2.2.6. Ouvrages annexes

La visite doit porter sur tous les ouvrages annexes susceptibles d'influencer la sécurité de l'exploitation du barrage : évacuateurs de crue, ouvrages de vidange, restitution d'usine, centrale hydro-électrique, restitution de canaux. Chacun de ces ouvrages comporte au moins certaines des caractéristiques suivantes :

#### *Canaux d'amenée ou de restitution*

Dans la quasi-totalité des aménagements hydrauliques, on trouve des canaux d'amenée et de restitution, avec talus en déblai ou en remblai en terre ou rocheux. La plupart des évacuateurs aux parois en terre ou en enrochements comportent un ouvrage de contrôle en béton ou en rocher sain afin de réduire les infiltrations ou les risques d'érosion au droit du barrage. Les canaux d'amenée et les ouvrages de restitution sont généralement immergés et leur visite exige donc des moyens spécialement adaptés.

Les talus des canaux doivent être stables, sans zones d'affaissement, de glissement ou de débris. Les observations porteront sur les zones d'effondrement, les zones de boulanges ou de renard. Les canaux au voisinage des prises et des ouvrages de restitution devront être suffisamment dimensionnés pour permettre un écoulement satisfaisant, tel que prévu dans le projet. Les débits sortants seront examinés afin de déceler la présence éventuelle de matériaux solides (terre, fragments de rocher ou de béton).

#### *Ouvrages en béton*

Les parties en béton des évacuateurs de crue, des ouvrages de vidange et des ouvrages de restitution des usines répondent toutes aux mêmes fonctions hydrauliques et structurales; les techniques et les objectifs du contrôle sont donc les mêmes. Pour les galeries et les conduits en béton, on recherchera les fissures dues aux surcharges, les gonflements, les modifications d'alignement, les fuites anormales. Aucun conduit d'eau ou d'air ne doit être bloqué. On notera les zones où les débris peuvent s'accumuler. Les ouvrages, notamment les tours et les puits, seront visités pour déceler les signes de tassements différentiels.

Les remblais contigus aux ouvrages seront examinés pour déceler éventuellement les affaissements ou l'augmentation de profondeur dus aux mouvements du sol; au contact avec le remblai, on recherchera les signes d'érosion interne (renard). On recherchera les instabilités éventuelles des talus en déblai ou en remblai au voisinage des ouvrages.

L'état et le bon fonctionnement des ponts, des plateformes des treuils, ainsi que de leurs superstructures, des organes de guidage des grilles et des vannes, etc. doivent être vérifiés. Les drains ne doivent pas être obstrués et leur fonctionnement doit rester correct. On observera les événements des drains des bassins d'amortissement pour s'assurer que les crépines sont bien en place et que les événements ne sont pas obstrués. Les protections des canaux adjacents à l'ouvrage d'amortissement sont à vérifier quant à leur tenue. Une attention particulière est à porter au risque d'entraînement des matériaux hors du canal ou de retour dans l'ouvrage pendant l'exploitation.

#### *Équipement mécanique*

Il sera procédé à des manœuvres de contrôle de l'ensemble des équipements mécaniques et les équipements électriques associés, sur toute leur gamme de

### 2.2.6. Appurtenant Structures

All appurtenant structures that could affect the safe operation of the dam should be examined. These structures include the spillway, outlet works, power outlets and powerplants, and canal outlets. Each of the structures may be composed of any or all of the following features :

#### *Inlet and Outlet Channels*

Practically every hydraulic structure is served by inlet and outlet channels composed of cut or fill slopes of soil or rock. Most soil- or rock-lined spillways have a concrete or solid rock control section to reduce seepage or erosion potential past the dam. Outlet works inlet channels are usually submerged and may require special underwater investigation.

The channels should have stable slopes and be free of sloughs, slides, and debris, and should be examined for evidence of sinkholes, boils, or piping. The channels should provide satisfactory clearance around intake and terminal structures so the structures can operate hydraulically as designed. The outflow water should be examined for the presence of rock and soil or concrete fragments.

#### *Concrete Structures*

The concrete portions of spillways, outlet works, and power outlets all serve similar basic hydraulic and structural functions; the examination techniques and objectives therefore are similar. Tunnels and conduits should be examined for stress cracks, bulges, shifts of alignment, and excessive seepage. All passages, water and air, should be free of obstructions. Areas susceptible to collecting debris should be noted. The structures, especially towers and shafts, should be examined for evidence of differential settlement.

All fill adjacent to the structure should be examined for subsidence or an increase of depth caused by soil movement, and all contacts between the fill and the structure should be examined for evidence of piping. All cut or fill slopes adjacent to the structure should be examined for unstable conditions.

The bridges and hoist decks along with their structural members should be examined for condition and proper function. All guides for trashracks, gates, or other mechanical features should be in good condition. All drains should be open and show evidence of proper functioning. Stilling basin drain air vents should be examined to determine if the screens are in place and the vents are open. Channel protection adjacent to the energy dissipation structure should be examined to determine if it is performing as designed. Special attention should be given to the possibility that the material may wash either out of the channel or back into the structure during operation.

#### *Mechanical Equipment*

Mechanical and associated electrical equipment should be operated through the full operating range to determine that the equipment performs satisfactorily. The



fonctionnement, pour s'assurer de leur bon état de marche. On veillera à la lubrification correcte pour obtenir un fonctionnement sans à-coups, grippage, vibrations, bruits anormaux ou échauffement. Pendant ces essais, on vérifiera que l'alimentation en énergie est suffisante et sûre. Des essais des sources d'alimentation de secours et des systèmes de commande-contrôle à distance permettront de vérifier le bon état de fonctionnement. Par observation directe, on recherchera les éléments détériorés (pièces desserrées, usées, cassées).

Les câbles des treuils (fils cassés) et les attaches des câbles ou chaînes aux vannes (pièces cassées) seront examinés. On notera les étanchéités des vannes, en néoprène ou en caoutchouc, qui sont fissurées ou qui fuient. On examinera : les treuils hydrauliques et leurs commandes (fuites d'huile); les arbres et les accouplements des vannes (pièces cassées); les canalisations, les tabliers, les pièces fixes, les étanchéités des vannes (usure, défauts d'alignement, fuites); les pompes d'exhaure (démarrage pour s'assurer de leur bon fonctionnement); les reniflards (obstruction, crépinage); les échelles d'accès, les paliers, les passerelles et les mains courantes (pièces cassées, sécurité du personnel).

equipment should be checked for proper lubrication and smooth operation without binding, vibration, unusual noises, and overheating. The adequacy and reliability of the power supply also should be checked during operation of the equipment. Auxiliary power sources and remote control systems should be tested for adequate and reliable operation. All accessible equipment should be examined for damaged, loose, worn, or broken parts.

Wire ropes should be examined for broken wires, and wire rope or chain connections at gates should be examined for broken parts. Rubber or neoprene gate seals should be examined for cracking and leakage. Hydraulic hoists and controls should be checked for oil leaks. Gate stems and couplings should be inspected for broken parts. Fluidways, leaves, metal seats, and seals of gates and valves should be examined for damage due to wear, misalignment, and leakage. Sump pumps should be examined and operated to verify reliability and satisfactory performance. Air vents for gates and valves should be checked to confirm that they are open and protected. Access ladders, walkways, and handrails should be examined for broken parts or other unsafe conditions.

---

## 3. ANNEXE

---

### 3.1. ÉCHELLE MODIFIÉE D'INTENSITÉ DE MERCALLI (1931) (Résumé) (1)

<b>Échelle Intensité</b>	<b>Description</b>
I	Ressenti seulement par quelques personnes moyennant des conditions très favorables.
II	Ressenti par quelques personnes au repos notamment ceux se trouvant aux étages supérieurs des bâtiments. Balancement éventuel d'objets délicatement suspendus.
III	Ressenti nettement à l'intérieur des bâtiments, notamment aux étages supérieurs, mais souvent on ne pense pas à un tremblement de terre. Des automobiles en stationnement peuvent être secouées légèrement. Les vibrations sont analogues à celles produites par un poids-lourd qui passe. La durée peut être estimée.
IV	De jour, ressenti par un grand nombre de personnes à l'intérieur des bâtiments, mais par peu de gens à l'extérieur. La nuit, certains dormeurs se réveillent. La vaisselle, les portes et les fenêtres sont ébranlées; bruits de craquement des murs. Perçu comme un poids lourd heurtant un bâtiment. Les automobiles en stationnement sont fortement secouées.
V	Ressenti par la presque totalité de la population: beaucoup de dormeurs se réveillent. Quelques bris de vaisselle, de fenêtres, etc. Quelques cas d'enduits fissurés. Renversement d'objets instables. Parfois, ébranlement d'objets élancés (arbres, poteaux, etc.). Les horloges à pendule peuvent s'arrêter.
VI	Ressenti par l'ensemble de la population; beaucoup ont peur et se ruent dehors. Déplacement de mobilier lourd. Quelques cas de chute d'enduits ou de détérioration de cheminées. Dégâts faibles.
VII	Tout le monde se rue dehors. Peu de dégâts aux bâtiments de conception et de construction satisfaisantes; dégâts faibles ou moyens aux ouvrages de conception courante bien construits; dégâts importants aux ouvrages mal conçus ou mal construits; effondrement de quelques cheminées. Ressenti par les conducteurs d'automobiles.
VIII	Dégâts légers aux bâtiments de conception spéciale; dégâts importants aux bâtiments bien construits mais de conception ordinaire, avec effondrements partiels; dégâts très importants aux bâtiments mal construits. Déboîtement des murs rideaux. Effondrement de cheminées de maisons et d'usines, de colonnes, de monuments et de murs. Renversement de mobilier lourd. Expulsion de petites quantités de sable et de boue. Modification des eaux des puits. Perturbation des conducteurs d'automobiles.

---

(1) Pour une description complète de cette échelle, voir VSSA vol. 3, p. 277-283, Wood & Neumann, 1931.

---

## 3. APPENDIX

---

### 3.1. MODIFIED MERCALLI INTENSITY SCALE OF 1931 (Abridged) (1)

Intensity No.	Event
I	Not felt except by a very few under especially favorable circumstances.
II	Felt only by a few persons at rest, especially on upper floors of buildings. Delicately suspended objects may swing.
III	Felt quite noticeably indoors, especially on upper floors of buildings, but many people do not recognize it as an earthquake. Standing motor cars may rock slightly. Vibrations like passing of truck. Duration estimated.
IV	During the day felt indoors by many, outdoors by few. At night some awakened. Dishes, windows, doors disturbed; walls make creaking sound. Sensation like heavy truck striking building. Standing motor cars rocked noticeably.
V	Felt by nearly everyone; many awakened. Some dishes, windows, etc., broken; a few instances of cracked plaster; unstable objects overturned. Disturbance of trees, poles, and other tall objects sometimes noticed. Pendulum clocks may stop.
VI	Felt by all; many frightened and run outdoors. Some heavy furniture moved; a few instances of fallen plaster or damaged chimneys. Damage slight.
VII	Everybody runs outdoors. Damage negligible in buildings of good design and construction; slight to moderate in well-built ordinary structures; considerable in poorly built or badly designed structures; some chimneys broken. Noticed by persons driving motor cars.
VIII	Damage slight in specially designed structures; considerable in ordinary substantial buildings with partial collapse; great in poorly built structures. Panel walls thrown out of frame structures. Fall of chimneys, factory stacks, columns, monuments, and walls. Heavy furniture overturned. Sand and mud ejected in small amounts. Changes in well water. Persons driving motor cars disturbed.

---

(1) For complete details on this intensity scale, see BSSA, vol. 3, p. 277-283, Wood & Neumann, 1931.

---

- IX Dégâts importants aux ouvrages de conception spéciale; perte d'aplomb des bâtiments à ossature bien conçus; dégâts très importants aux bâtiments de bonne qualité, avec effondrement partiel. Déplacement des bâtiments par rapport à leurs fondations. Fissuration du sol évidente. Cassures des canalisations enterrées.
- X Destruction de quelques ouvrages en bois bien construits. Destruction de la plupart des bâtiments en maçonnerie ou à ossature, ainsi que de leurs fondations; fissuration importante du sol. Rails tordus. Importants glissements des berges des cours d'eau et des talus raides. Déplacement de sable et de boue. Éclaboussures (débordement) des eaux sur les rives.
- XI Destruction de presque tous les bâtiments (en maçonnerie). Effondrement des ponts. Fissures du sol très ouvertes. Toutes les canalisations enterrées hors service. Affaissement et glissement des talus en terrains mous. Rails très tordus.
- XII Destruction totale. Ondes visibles à la surface du sol. Les alignements et nivellements sont détruits. Les objets sautent en l'air.

### 3.2. EXEMPLE DE FICHES D'INSPECTION

#### Généralités

1. Donner la description complète de toutes les observations, en utilisant des termes et des croquis appropriés.
2. Répondre à toutes les rubriques, en notant « Sans objet » le cas échéant.
3. Si aucun incident n'est à signaler, noter ce fait sous la rubrique correspondante.
4. Indiquer si l'inspection n'a pas été faite ou était impossible.

- IX Damage considerable in specially designed structures; well-designed frame structures thrown out of plumb; great in substantial buildings, with partial collapse. Buildings shifted off foundations. Ground cracked conspicuously. Underground pipes broken.
- X Some well-built wooden structures destroyed, most masonry and frame structures destroyed with foundations; ground badly cracked. Rails bent. Landslides considerable from river banks and steep slopes. Shifted sand and mud. Water splashed (slopped) over banks.
- XI Few, if any (masonry) structures remain standing. Bridges destroyed. Broad fissures in ground. Underground pipelines completely out of service. Earth slumps and land slips in soft ground. Rails bent greatly.
- XII Damage total. Waves seen on ground surfaces. Lines of sight and level distorted. Objects thrown upward into the air.

### **3.2. INSPECTION CHECKLISTS**

#### General notes

1. Fully describe all observations using words and sketches as appropriate.
2. If an item is not applicable, so indicate.
3. Record the fact if nothing is found to be wrong or damaged.
4. State if inspection was not done, or not possible to do.

BARRAGE DE \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Date de la visite \_\_\_\_\_ Heure \_\_\_\_\_

Conditions d'exploitation lors de la visite :

- Niveau de la retenue \_\_\_\_\_
- Lâchures \_\_\_\_\_
- Météorologie \_\_\_\_\_
- Volume stocké \_\_\_\_\_

Inspection effectuée par :

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Conditions lors du séisme:

- Description du séisme ressenti sur le site (voir échelle Mercalli)

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

- Météorologie \_\_\_\_\_

- Augmentation de niveau de la retenue pendant le séisme \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ DAM  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Date of Examination \_\_\_\_\_ Time \_\_\_\_\_

Operational Status at Time of Examination

Reservoir water surface elevation \_\_\_\_\_  
Releases \_\_\_\_\_  
Weather conditions \_\_\_\_\_  
Water in storage \_\_\_\_\_

Examining Party

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Conditions at Time of Earthquake

Description of earthquake as felt at site (refer to Mercalli scale)

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Weather conditions \_\_\_\_\_

Reservoir rise during earthquake \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



**BARRAGE EN REMBLAI  
FICHE D'INSPECTION**

**BARRAGE**

**Talus amont**

Glissements	_____
Revêtement de protection	_____
Erosion - brèches	_____
Fissures	_____
Trous d'effondrement	_____
Tassements	_____
Déplacements	_____
Débris	_____
Conditions inhabituelles	_____

**Talus aval**

Glissements	_____
Traces de mouvement	_____
Fissures	_____
Fuites, suintements	_____
Conditions inhabituelles	_____

**Appuis**

Fuites	_____
Fissures, diaclases, plans de stratification	_____
Glissements	_____
Traces de mouvement	_____

**INSPECTION CHECKLIST  
FOR EMBANKMENT DAM**

**DAM**

**Upstream Face**

- Slide movements \_\_\_\_\_
- Slope protection \_\_\_\_\_
- Erosion - beaching \_\_\_\_\_
- Cracks \_\_\_\_\_
- Sinkholes \_\_\_\_\_
- Settlement \_\_\_\_\_
- Displacement \_\_\_\_\_
- Debris \_\_\_\_\_
- Unusual conditions \_\_\_\_\_

**Downstream Face**

- Slide movements \_\_\_\_\_
- Signs of movement \_\_\_\_\_
- Cracks \_\_\_\_\_
- Seepage or wet areas \_\_\_\_\_
- Unusual conditions \_\_\_\_\_

**Abutments**

- Seepage \_\_\_\_\_
- Cracks, joints, and bedding planes \_\_\_\_\_
- Slides \_\_\_\_\_
- Signs of movement \_\_\_\_\_

**Barrage en Remblai  
Fiche d'Inspection**

**Barrage - Suite**

**Crête**

Fissures de surface \_\_\_\_\_  
Tassements \_\_\_\_\_  
Mouvements latéraux (alignement) \_\_\_\_\_  
Surélévation (bombement) \_\_\_\_\_

**Percolations - Drainage**

Localisation \_\_\_\_\_  
Débit(s) estimé(s) \_\_\_\_\_  
Coloration (souillure) \_\_\_\_\_  
Drain de pied, puits de décharge \_\_\_\_\_  
Galeries et galeries d'accès \_\_\_\_\_

**Mesures séparées des fuites**

Méthode de mesure \_\_\_\_\_  
Débit \_\_\_\_\_  
Variation du débit \_\_\_\_\_  
Turbidité  
- Couleur \_\_\_\_\_  
- Particules solides fines \_\_\_\_\_  
Etat des appareils de mesure \_\_\_\_\_  
Résultats enregistrés \_\_\_\_\_

**Inspection Checklist  
for Embankment Dam**

Dam - Continued

**Crest**

Surface cracking	_____
Settlement	_____
Lateral movement (alinement)	_____
Camber	_____

**Seepage and Drainage**

Location(s)	_____
Estimated flow(s)	_____
Color (staining)	_____
Toe drain and relief wells	_____
Galleries and adits	_____

**Measurement of Individual Source of Seepage**

Method	_____
Amount	_____
Change in flow	_____
Clearness of flow	_____
Color	_____
Fines (solids)	_____
Condition of measurement devices	_____
Records	_____

**Barrage en Remblai  
Fiche d'Inspection**

**Barrage - Suite**

**Faits particuliers**

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

**Appareils d'auscultation**

Piézomètres	_____
Repères de tassement (superficiels)	_____
Dispositifs de mesures des déformations internes	_____
Clinomètres	_____
Limnigraphe de la retenue	_____
Sismographes	_____

**EVACUATEUR DE CRUES**

**Entonnement**

Débris	_____
Glissements au-dessus du chenal	_____
Stabilité des parois du chenal	_____
Drôme (pour des débris flottants)	_____
Protection des talus	_____

**Inspection Checklist  
for Embankment Dam**

Dam - Continued

**Special Items**

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

**Performance Instruments**

Piezometers	_____
Surface settlement points	_____
Internal movement devices	_____
Inclinometers	_____
Reservoir level gage	_____
Seismographs	_____

**SPILLWAY**

**Approach Channel**

Debris	_____
Slides above channel	_____
Channel side slope stability	_____
Log boom	_____
Slope protection	_____

Barrage en Remblai  
Fiche d'Inspection

Evacuateur de Crues - Suite

Ouvrage de contrôle (Observations du fonctionnement)

Couronnement

Fissures ou autres détériorations \_\_\_\_\_

Traces de mouvement \_\_\_\_\_

Parois verticales

Mouvements (décrochements) \_\_\_\_\_

Fissures ou autres détériorations \_\_\_\_\_

Tassements \_\_\_\_\_

Joints \_\_\_\_\_

Drains \_\_\_\_\_

Remblai \_\_\_\_\_

Radier

Mouvements \_\_\_\_\_

Tassements \_\_\_\_\_

Joints \_\_\_\_\_

Fissures \_\_\_\_\_

Pont

Etat des piles \_\_\_\_\_

Structure des poutres et  
du tablier \_\_\_\_\_

Appuis du pont \_\_\_\_\_

Inspection Checklist  
for Embankment Dam

Spillway - Continued

Control Structures (Observed Operation)

Crest

Cracks or areas of distress

\_\_\_\_\_

Signs of movement

\_\_\_\_\_

Walls

Movement (offsets)

\_\_\_\_\_

Cracks or areas of distress

\_\_\_\_\_

Settlement

\_\_\_\_\_

Joints

\_\_\_\_\_

Drains

\_\_\_\_\_

Backfill

\_\_\_\_\_

Apron

Movement

\_\_\_\_\_

Settlement

\_\_\_\_\_

Joints

\_\_\_\_\_

Cracks

\_\_\_\_\_

Bridge

Condition of piers

\_\_\_\_\_

Structural condition of slab  
and beams

\_\_\_\_\_

Bridge bearings

\_\_\_\_\_



**Barrage en Remblai  
Fiche d'Inspection**

**Evacuateur de Crues - Suite**

**Coursier**

Débris \_\_\_\_\_

**Guideaux**

Mouvements (décrochements) \_\_\_\_\_

Tassements \_\_\_\_\_

Joints \_\_\_\_\_

Fissures ou autres détériorations \_\_\_\_\_

Etat du remblai \_\_\_\_\_

**Radier**

Mouvements \_\_\_\_\_

Tassements \_\_\_\_\_

Joints \_\_\_\_\_

Drains \_\_\_\_\_

Fissures \_\_\_\_\_

**Galerie de drainage**

Mouvements (décrochements) \_\_\_\_\_

Fissures \_\_\_\_\_

**Drains**

Débit \_\_\_\_\_

Emplacement des drains débitant \_\_\_\_\_

**Ventilation**

\_\_\_\_\_

**Eclairage**

\_\_\_\_\_

**Inspection Checklist  
for Embankment Dam**

**Spillway - Continued**

**Chute**

Debris \_\_\_\_\_

**Walls**

Movement (offsets) \_\_\_\_\_

Settlement \_\_\_\_\_

Joints \_\_\_\_\_

Cracks or areas of distress \_\_\_\_\_

Condition of backfill \_\_\_\_\_

**Floor**

Movement \_\_\_\_\_

Settlement \_\_\_\_\_

Joints \_\_\_\_\_

Drains \_\_\_\_\_

Cracks \_\_\_\_\_

**Drainage gallery**

Movements (misalignment of gallery) \_\_\_\_\_

Cracks \_\_\_\_\_

**Drains**

Amount of flow \_\_\_\_\_

Location of seeping drains \_\_\_\_\_

**Ventilation**

\_\_\_\_\_

**Lighting**

\_\_\_\_\_

**Barrage en Remblai  
Fiche d'Inspection**

Evacuateur de Crues - Suite

**Bassin d'amortissement (Observations du fonctionnement)**

Débris piégés \_\_\_\_\_

Parois

Mouvements (décrochements) \_\_\_\_\_

Tassements \_\_\_\_\_

Joints \_\_\_\_\_

Fissures et autres détériorations \_\_\_\_\_

Etat du remblai \_\_\_\_\_

Radier (si visible)

Fissures et autres détériorations \_\_\_\_\_

Mouvements \_\_\_\_\_

Joints \_\_\_\_\_

Erosion \_\_\_\_\_

**Chenal de restitution**

Protections des talus \_\_\_\_\_

Stabilité des talus \_\_\_\_\_

Végétation ou autres obstructions \_\_\_\_\_

Débris charriés par l'eau \_\_\_\_\_

**Faits particuliers**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Inspection Checklist  
for Embankment Dam**

**Spillway - Continued**

**Stilling Basin (Observed Operation)**

Debris in basin \_\_\_\_\_

**Walls**

Movement (offsets) \_\_\_\_\_

Settlement \_\_\_\_\_

Joints \_\_\_\_\_

Cracks or areas of distress \_\_\_\_\_

Condition of backfill \_\_\_\_\_

**Floor (if visible)**

Cracks or areas of distress \_\_\_\_\_

Movement \_\_\_\_\_

Joints. \_\_\_\_\_

Erosion \_\_\_\_\_

**Outlet Channel**

Slope protection \_\_\_\_\_

Stability of side slopes \_\_\_\_\_

Vegetation or other obstructions \_\_\_\_\_

Debris in water \_\_\_\_\_

**Special Items**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Barrage en Remblai  
Fiche d'Inspection

OUVRAGES DE VIDANGE

Prise

Grille \_\_\_\_\_

Béton \_\_\_\_\_

Conduit d'évacuation (Galerie)

Pièces métalliques \_\_\_\_\_

Conduite forcée \_\_\_\_\_

Ouvrages de réglage des débits

Chambre de commande des vannes \_\_\_\_\_

Treuil \_\_\_\_\_

Vannes, commandes (description) \_\_\_\_\_

Etat général \_\_\_\_\_

Fonctionnement lors de la visite \_\_\_\_\_

Commande-contrôle \_\_\_\_\_

Parties mécaniques \_\_\_\_\_

Ventilation \_\_\_\_\_

Eclairage \_\_\_\_\_

Batardeau \_\_\_\_\_

Etat général \_\_\_\_\_

Etanchéités \_\_\_\_\_

**Inspection Checklist  
for Embankment Dam**

**OUTLET WORKS**

**Intake**

Trashrack \_\_\_\_\_

Concrete \_\_\_\_\_

**Outlet Conduit (Tunnel)**

Metalwork \_\_\_\_\_

Penstock \_\_\_\_\_

**Control Facilities**

Gatehouse \_\_\_\_\_

Crane \_\_\_\_\_

Gate and controls (description) \_\_\_\_\_

General condition \_\_\_\_\_

Operation at time of examination \_\_\_\_\_

Control system \_\_\_\_\_

    Mechanical items \_\_\_\_\_

Ventilation \_\_\_\_\_

Lighting \_\_\_\_\_

Bulkhead \_\_\_\_\_

    General condition \_\_\_\_\_

    Seals \_\_\_\_\_

**Barrage en Remblai  
Fiche d'Inspection**

**Ouvrages de Vidange - Suite**

**Cycle de manoeuvre (Commande à distance)** \_\_\_\_\_

**Coursier**

Débris \_\_\_\_\_

**Guideaux**

Mouvements (décrochements) \_\_\_\_\_

Tassements \_\_\_\_\_

Joints \_\_\_\_\_

Fissures et autres détériorations \_\_\_\_\_

Etat du remblai \_\_\_\_\_

**Radier**

Mouvements \_\_\_\_\_

Tassements \_\_\_\_\_

Joints \_\_\_\_\_

Fissures \_\_\_\_\_

Drains \_\_\_\_\_

Débit \_\_\_\_\_

Emplacement des drains débitant \_\_\_\_\_

**Bassin d'amortissement (Observations du fonctionnement)**

Débris piégés \_\_\_\_\_

**Parois**

Mouvements (décrochements) \_\_\_\_\_

Tassements \_\_\_\_\_

Joints \_\_\_\_\_

Fissures et autres détériorations \_\_\_\_\_

Inspection Checklist  
for Embankment Dam

Outlet Works - Continued

Remote Controls Operating Sequence \_\_\_\_\_

Chute

Debris \_\_\_\_\_

Walls

    Movement (offsets) \_\_\_\_\_

    Settlement \_\_\_\_\_

    Joints \_\_\_\_\_

    Cracks or areas of distress \_\_\_\_\_

    Condition of backfill \_\_\_\_\_

Floor

    Movement \_\_\_\_\_

    Settlement \_\_\_\_\_

    Joints \_\_\_\_\_

    Cracks \_\_\_\_\_

    Drains \_\_\_\_\_

        Amount of flow \_\_\_\_\_

        Location of seeping drains \_\_\_\_\_

Stilling Basin (Observed Operation)

Debris in basin \_\_\_\_\_

Walls

    Movement (offsets) \_\_\_\_\_

    Settlement \_\_\_\_\_

    Joints \_\_\_\_\_

    Cracks or areas of distress \_\_\_\_\_



**Barrage en Remblai  
Fiche d'Inspection**

**Ouvrages de Vidange - Suite**

**Bassin d'amortissement (Observations du fonctionnements) - Suite**

Radier (si visible)

Fissures et autres détériorations \_\_\_\_\_

Mouvements \_\_\_\_\_

Joints \_\_\_\_\_

Erosion \_\_\_\_\_

**Chenal de restitution**

Protection des talus \_\_\_\_\_

Stabilité des talus \_\_\_\_\_

Végétation ou autres obstructions \_\_\_\_\_

**Faits particuliers**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Inspection Checklist  
for Embankment Dam**

**Outlet Works - Continued**

**Stilling Basin (Observed Operation) - Continued**

Floor (if visible)

Cracks or areas of distress \_\_\_\_\_

Movement \_\_\_\_\_

Joints \_\_\_\_\_

Erosion \_\_\_\_\_

**Outlet Channel**

Slope protection \_\_\_\_\_

Stability of side slopes \_\_\_\_\_

Vegetation or other obstructions \_\_\_\_\_

**Special Items**

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

**BARRAGE EN BETON  
FICHE D'INSPECTION**

**BARRAGE**

**Parement amont**

Fissures

\_\_\_\_\_

Décrochements de joints

\_\_\_\_\_

**Parement aval**

Fissures

\_\_\_\_\_

Décrochements de joints

\_\_\_\_\_

**Fuites sur le parement aval**

\_\_\_\_\_

**Pied aval**

Fissures

\_\_\_\_\_

Affouillement (par érosion)

\_\_\_\_\_

**Couronnement**

Route

\_\_\_\_\_

Trottoirs

\_\_\_\_\_

Mur parapet

\_\_\_\_\_

Eclairage, etc.

\_\_\_\_\_

**Galleries dans le barrage**

Béton

\_\_\_\_\_

Appareillage électrique

\_\_\_\_\_

Ventilation

\_\_\_\_\_

Fuites

\_\_\_\_\_

Réseau de drainage (s'assurer que

**INSPECTION CHECKLIST  
FOR CONCRETE DAM**

**DAM**

**Upstream Face**

Cracks

---

Joint offsets

---

**Downstream Face**

Cracks

---

Joint offsets

---

**Seepage on Downstream Face**

---

**Downstream Toe**

Cracks

---

Undercutting (from erosion)

---

**Crest**

Roadway

---

Walks

---

Parapet wall

---

Lighting, etc.

---

**Galleries**

Concrete

---

Electrical

---

Ventilation

---

Seepage

---

Drains and drainage (all drains

**Barrage en Béton  
Fiche d'Inspection**

**Barrage - Suite**

**Galleries dans la fondation**

Désignation, emplacement, cote

---

---

**Faits particuliers**

---

---

---

---

**APPUIS**

**Fondation au pied aval du barrage**

Percolations contournant le barrage

Emplacement

---

Débit

---

Méthodes de mesure

---

**Appareils d'auscultation**

Mesures des effets mécaniques

---

Percolation

---

Mesures sismiques

---

Limnimètre (limnigraphe) du réservoir

---

**Faits particuliers**

---

---

**Inspection Checklist  
for Concrete Dam**

Dam - Continued

**Foundation Tunnels**

Designation, location, and  
elevation

---

---

**Special Items**

---

---

---

---

**ABUTMENTS**

**Foundation at Downstream Toe of Dam**

Seepage around dam

Location

---

Amount

---

Measurement methods

---

**Instrumentation**

Structural

---

Seepage

---

Seismic

---

**Reservoir Level Gage**

---

**Special Items**

---

---

**Barrage en Béton  
Fiche d'Inspection**

**EVACUATEUR DE CRUES**

**Ouvrage de contrôle**

Couronnement \_\_\_\_\_

Pertuis \_\_\_\_\_

**Equipements hydromécaniques**

Type de vannes \_\_\_\_\_

Etat général \_\_\_\_\_

Fonctionnement lors de  
la visite \_\_\_\_\_

**Commandes des vannes**

Commandes mécaniques \_\_\_\_\_

Treuil \_\_\_\_\_

Câbles \_\_\_\_\_

Commandes électriques \_\_\_\_\_

Alimentation principale \_\_\_\_\_

Alimentation de secours \_\_\_\_\_

**Bassin d'amortissement**

Parois \_\_\_\_\_

Radier \_\_\_\_\_

Déversoir \_\_\_\_\_

**Faits particuliers**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Inspection Checklist  
for Concrete Dam

SPILLWAY

Control Structures

Crest \_\_\_\_\_  
Orifices \_\_\_\_\_

Gates and Controls

Type of gate \_\_\_\_\_  
General condition \_\_\_\_\_  
Operation of gates at time of  
examination \_\_\_\_\_

Controls for Gates

Mechanical \_\_\_\_\_  
    Hoists \_\_\_\_\_  
    Wire ropes \_\_\_\_\_  
Electrical \_\_\_\_\_  
    Power supply \_\_\_\_\_  
    Standby power \_\_\_\_\_

Stilling Basin

Walls \_\_\_\_\_  
Floor \_\_\_\_\_  
Weir \_\_\_\_\_

Special Items

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



**Barrage en Béton  
Fiche d'Inspection**

**OUVRAGES DE VIDANGE**

**Prise**

Grille

\_\_\_\_\_

Béton

\_\_\_\_\_

**Conduit**

Pièces métalliques

\_\_\_\_\_

**Ouvrage de réglage des débits**

Chambre de commande des vannes

\_\_\_\_\_

Treuil

\_\_\_\_\_

Vannes, commande (description)

\_\_\_\_\_

Etat général

\_\_\_\_\_

Fonctionnement lors de la visite

\_\_\_\_\_

Système de commande

\_\_\_\_\_

    Mécanique

\_\_\_\_\_

Batardeau

    Etat général

\_\_\_\_\_

    Etanchéités

\_\_\_\_\_

**Cycle de manoeuvre (commande à distance)**

\_\_\_\_\_

**Faits particuliers**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Inspection Checklist  
for Concrete Dam**

**OUTLET WORKS**

**Intake**

Trashrack \_\_\_\_\_  
Concrete \_\_\_\_\_

**Outlet Conduit**

Metalwork \_\_\_\_\_

**Control Facilities**

Gatehouse \_\_\_\_\_

Crane \_\_\_\_\_

Gate and controls (description) \_\_\_\_\_

General condition \_\_\_\_\_

Operation at time of examination \_\_\_\_\_

Control system \_\_\_\_\_

    Mechanical \_\_\_\_\_

Bulkhead \_\_\_\_\_

    General condition \_\_\_\_\_

    Seals \_\_\_\_\_

**Remote Controls Operating Sequence** \_\_\_\_\_

**Special Items**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

RETENUE - ROUTE D'ACCES  
FICHE D'INSPECTION

RETENUE

Drôme (débris flottants) \_\_\_\_\_

Glissements de versant

Désignation et emplacement de  
chaque glissement \_\_\_\_\_

Fait particuliers

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

ROUTE D'ACCES

Route

Etat du revêtement \_\_\_\_\_

Obstructions \_\_\_\_\_

Pont

Etat général \_\_\_\_\_

Supports

Fondations \_\_\_\_\_

Soubassement - piles \_\_\_\_\_

Appuis du pont \_\_\_\_\_

Parties mobiles \_\_\_\_\_

Eléments porteurs principaux

Eléments détériorés \_\_\_\_\_

**INSPECTION CHECKLIST  
FOR RESERVOIR AND ACCESS ROAD**

**RESERVOIR**

**Log Boom** \_\_\_\_\_

**Landslides** \_\_\_\_\_

Individual designation and  
location for identification \_\_\_\_\_

**Special Items**

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

**ACCESS ROAD**

**Roadway**

Condition of Pavement \_\_\_\_\_

Obstructions \_\_\_\_\_

**Bridge**

General condition \_\_\_\_\_

Bridge supports

    Foundations \_\_\_\_\_

    Substructures - piers \_\_\_\_\_

    Bridge bearings \_\_\_\_\_

    Moving parts \_\_\_\_\_

Main supporting members \_\_\_\_\_

Deteriorated and/or damaged  
members \_\_\_\_\_

Retenue - Route d'Accès  
Fiche d'Inspection

Route d'Accès - Suite

Pont

Tablier

Etat général \_\_\_\_\_

Résistance aux charges appliquées  
(trafic) \_\_\_\_\_

Faits particuliers

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Inspection Checklist  
for Reservoir and Access Road

Access Road - Continued

Bridge

Bridge deck

General condition

\_\_\_\_\_

Live load capacity

\_\_\_\_\_

Special Items

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Imprimerie de Montlignon  
61400 La Chapelle Montlignon  
Dépôts légal : janvier 1988  
N° 13652  
ISSN 0534-8294  
Couverture : TILT

**Copyright © ICOLD - CIGB**

*Archives informatisées en ligne*  *Computerized Archives on line*

*The General Secretary / Le Secrétaire Général :*  
*André Bergeret - 2004*



---

**International Commission on Large Dams**  
**Commission Internationale des Grands Barrages**  
**151 Bd Haussmann -PARIS -75008**  
*<http://www.icold-cigb.net> ; <http://www.icold-cigb.org>*