

**Schweizerisches Talsperrenkomitee**  
**Comité suisse des barrages**  
**Comitato svizzero delle dighe**  
**Swiss Committee on Dams**



## **INSTRUMENTS DE MESURE CONTRÔLES ET CALIBRAGE**

Recommandation du Comité Suisse des Barrages CSB  
pour le contrôle du fonctionnement des instruments de mesure  
des ouvrages d'accumulation



<i>Table des matières</i>	<i>page</i>
Avant-propos .....	1
1. Introduction .....	3
1.1 Situation de départ.....	3
1.2 But de cette recommandation .....	3
1.3 Sujets écartés et conséquences .....	4
2. Bases.....	4
2.1 Bases légales.....	4
2.2 Autres bases.....	4
3. Définitions .....	5
3.1 Installation de mesure .....	5
3.2 Instrument de mesure .....	5
3.3 Redondance .....	5
3.4 Tolérances .....	5
3.5 Contrôle .....	5
3.6 Mise à zéro .....	5
3.7 Calibrage .....	5
3.8 Examen.....	6
3.9 Ajustement.....	6
3.10 Etalonnage.....	6
3.11 Garantie d'un fonctionnement correct d'un instrument de mesures .....	6
4. Utilisation des instruments de mesures .....	7
4.1 Entretien et stockage (sur site).....	7
4.2 Usage normal (mesures manuelles).....	7
4.3 Contrôle des mesures télétransmises .....	8
4.4 Défauts, pannes et mesures .....	8
4.5 Appareil de réserve (permanent / temporaire).....	9
5. Calibrage par examen et ajustement.....	10
5.1 Calibrage chez le fabricant.....	10
5.2 Calibrage sur place au barrage par le fabricant.....	10
6. Définition de la fréquence d'examen .....	11
6.1 Considérations sur la base d'une analyse de risques.....	11
6.2 Considérations tirées de la pratique .....	12
7. Recommandations .....	13
7.1 Résumé des recommandations.....	13
7.2 Recommandations complémentaires .....	13
8. Bibliographie et liens internet .....	14
9. Annexes.....	14



## Avant-propos

Les mesures constituent, avec les contrôles visuels et le contrôle des organes de décharge et de vidange, la surveillance courante des ouvrages d'accumulation qui est mise en oeuvre par l'exploitant, ses barragistes et ses mandataires (surveillance de niveau 1). Les professionnels expérimentés (surveillance de niveau 2), les experts (surveillance de niveau 3) ainsi que les autorités de surveillance (surveillance de niveau 4) s'appuient sur les résultats des mesures (valeurs mesurées), afin d'examiner l'état et le comportement d'un ouvrage d'accumulation et de détecter suffisamment tôt un éventuel comportement anormal. L'ensemble des mesures acquises au fil des années constitue de plus le fondement indispensable auquel les spécialistes peuvent recourir a posteriori, afin d'expliquer des observations et des signes de comportement inattendus.

Indépendamment de l'emprise et du type des mesures, qui sont évidemment adaptées aux ouvrages, il est capital que les résultats des mesures correspondent bien aux valeurs « réelles » des grandeurs mesurées. C'est-à-dire en particulier que les écarts maximaux attendus entre la valeur mesurée et la valeur « réelle » sont bien compris dans un intervalle de tolérance défini. Si ce critère n'est pas respecté, la valeur mesurée doit alors être désignée comme erronée.

Des moyens divers, en partie complémentaires, peuvent être engagés afin d'identifier de telles valeurs mesurées erronées. Tout d'abord, un contrôle de plausibilité des valeurs mesurées ainsi qu'une analyse approfondie, éventuellement statistique, des valeurs mesurées jusqu'à présent peuvent fournir des indications conduisant à des investigations supplémentaires, également en rapport avec les instruments de mesure. Des mesures redondantes de grandeurs similaires ou corrélables entre elles peuvent également fournir de telles indications. Ces deux moyens sont précieux et doivent être considérés lors de la mise en place d'un dispositif de mesures. Ils permettent cependant d'identifier une valeur mesurée erronée seulement après la mesure et, de plus, de manière indirecte. Seule la maintenance systématique des instruments de mesure (« Entretien »), y compris le contrôle et la calibration, permet de se soucier proactivement de leur capacité de fonctionnement et de minimiser l'apparition de mesures erronées.

La présente recommandation, élaborée par un sous-groupe du groupe de travail pour l'Observation des barrages du CSB, contribue à la garantie de mesures fiables et ainsi à la sécurité de nos ouvrages d'accumulation.

Georges R. Darbre

Président du Groupe de travail sur l'Observation des barrages (CSB)

Chargé de la sécurité des barrages (OFEN)



La présente recommandation a été élaborée par le sous-groupe de travail « Instruments de mesure ». Elle a été approuvée et mise en force par la Commission technique du Comité Suisse des Barrages le 20.11.2013.

Ont été membres du sous-groupe de travail « Instruments de mesure » :

M. Andreas Siegfried (président)	ewz Bautechnik, Zurich
M. Nicola-V. Bretz	Hydro Exploitation SA, Sion
M. Carl-Arthur Eder	ex Office fédéral de l'Énergie, Ittigen
M. Marcel Lutz	AXPO Power AG, Baden

Un merci particulier est également adressé à MM.

- Urs Marti, Huggenberger AG,
- Daniel Naterop, Solexperts AG,
- Manuel Wolfensberger, Stump ForaTec AG.

Ils ont soutenu et conseillé les auteurs par leurs connaissances et expérience de manière importante.

### **Note**

Le CSB a déjà publié par le passé deux rapports qui conservent toujours leur entière validité et auxquels on peut au besoin se référer, à savoir :

« Mesures de déformation géodésiques et photogrammétriques pour la surveillance des barrages », Comité national suisse des grands barrages, 1993/1997,

« Dispositif d'auscultation des barrages : concept, fiabilité et redondance », Comité Suisse des Barrages (CSB), 2005.

Les contenus de ces deux rapports ne sont pas cités dans la présente recommandation. Le lecteur est cependant rendu attentif au fait qu'ils contiennent aussi des indications sur une littérature supplémentaire.

Photo de couverture : Examen d'un coordiscope (photo : Huggenberger AG, Horgen).



## 1. Introduction

### 1.1 Situation de départ

Dans le groupe de travail sur l'Observation des barrages du Comité suisse des barrages, il y a la nécessité de clarifier les questions importantes concernant le contrôle et le calibrage des instruments de mesures utilisés pour la surveillance des barrages. Seuls des résultats corrects assurent que le comportement des barrages pourra être interprété de manière juste.

L'équipement des barrages avec des instruments de mesures a été réalisé il y a fort longtemps dans la plupart des cas. La majorité des instruments de mesures employés datent également de cette même période. Ces instruments sont contrôlés en partie à l'aide de dispositifs spécifiques sur site. Mais, pour certains instruments, aucun dispositif de contrôle n'existe, ce qui conduit à douter de la fiabilité des résultats des mesures. Même sur les installations de mesures avec dispositif de contrôle (par ex. les pendules), il s'agit souvent de méthodes qui ne permettent le contrôle que d'un seul „point de travail“. L'ensemble de la plage de mesures ne peut cependant pas être contrôlé.

L'enquête auprès des divers barragistes a montré que les instruments de mesures cités n'ont jamais ou que rarement été envoyés chez le fabricant pour un examen, éventuellement pour un ajustement. L'exécution d'une telle mesure pour assurer la qualité des résultats des mesures doit être clarifiée.

Non seulement le contrôle, la mise à zéro, le calibrage, l'examen et l'ajustement des instruments de mesures manuels sont des points à discuter, mais il est également nécessaire d'y joindre la vérification des valeurs de la télésurveillance saisies automatiquement par des mesures redondantes de contrôle (par ex. mesures manuelles).

Pour terminer, il fait aussi sens de se poser des questions fondamentales sur l'état et la capacité de fonctionnement des installations de mesures, des mesures d'entretien périodiques et de leur fréquence. Celui qui mesure quelque chose doit être conscient de ce qu'il mesure et contredire activement le dicton „Wer misst, misst Mist“.

### 1.2 But de cette recommandation

Le public cible de la présente recommandation est l'ensemble des personnes (barragistes, exploitants, professionnels expérimentés, experts, autorités de surveillance) à qui sont confiées des missions de surveillance des ouvrages d'accumulation, en particulier pour ceux avec des installations de mesures.

L'attention se porte sur la découverte de toutes sortes de fautes lors de la saisie des valeurs mesurées. Les utilisateurs doivent être sensibilisés à ce thème et un moyen (recommandation, directive) visant à l'amélioration de la qualité des résultats des mesures doit leur être mis à disposition. Ainsi la qualité de la surveillance des ouvrages d'accumulation en Suisse pourra encore être améliorée, même si elle se situe déjà à un haut niveau aujourd'hui.

### 1.3 Sujets écartés et conséquences

Les différentes discussions ont montré qu'il était nécessaire de se concentrer sur les instruments de mesures et que d'autres aspects devaient être sciemment écartés. La liste suivante indique les domaines qui n'ont pas été analysés plus en détail pour cette recommandation :

- Les installations de mesure et dispositifs de mesures sont exclus (par ex. tuyaux défectueux de manomètre, défauts cachés, sondes noyées dans le béton, extensomètres, etc.)
- Le traitement des mesures
- Les instructions de mesures détaillées (certaines données sont cependant disponibles)
- Certains appareils fixes (par ex. latte limnimétrique)
- Des astuces pratiques (certaines sont cependant disponibles)
- Le remplacement d'appareils de mesures et d'installations de mesures
- Les appareils numériques de saisie de données (terminaux portables de saisie): à l'aide de ces appareils, les données importantes sont saisies numériquement et mises à disposition
- etc.

## 2. Bases

### 2.1 Bases légales

- Loi sur les ouvrages d'accumulation, LOA, RS 721.101 **Art. 8, al. 2** du 1 octobre 2010 entrée en vigueur le 01.01.2013 :
  - <sup>2</sup> Il opère les contrôles, les mesures et les examens nécessaires pour juger de l'état et du comportement de l'ouvrage d'accumulation et fait procéder sans délai à l'évaluation des résultats. Il transmet les rapports à l'autorité de surveillance.
- Ordonnance sur les ouvrages d'accumulation, OSOA, RS 721.101.1 **Art. 16, al. 1-3** du 17 octobre 2012 entrée en vigueur le 01.01.2013 :
  - <sup>1</sup> L'exploitant doit effectuer des mesures et des contrôles visuels selon le règlement de surveillance (art. 14, al. 2).
  - <sup>2</sup> Il doit contrôler au moins une fois par mois, pendant la période où un grand ouvrage est mis en eau, les mesures transmises à distance, à l'aide de mesures manuelles effectuées sur place.
  - <sup>3</sup> Il doit contrôler au moins une fois par an les mesures des autres ouvrages transmises à distance, à l'aide de mesures manuelles effectuées sur place.

### 2.2 Autres bases

- Sécurité des ouvrages d'accumulation, Directive de l'OFEG (aujourd'hui OFEN), Version 1.1 (novembre 2002), chapitres 11.5.3, 11.6 (pages 98-99)
- Sécurité des ouvrages d'accumulation, documentation de base relative à la surveillance et à l'entretien, Version 1.0 (décembre 2002), Chapitre 2 (pages 13-39) et chapitre 4.3 (Page 46)
- Dispositifs de mesures pour la surveillance des barrages : concept, fiabilité et redondance, Comité suisse des barrages – groupe de travail sur l'observation des barrages, 2007



### 3. Définitions

Dans la pratique, les termes relatifs aux installations de mesures, instruments de mesures et également à leurs contrôles, examens, calibrages, étalonnage et ajustements sont en partie utilisés indifféremment. Pour cette raison, les termes importants pour ce document sont définis comme suit.

#### 3.1 Installation de mesure

Une installation de mesure est l'ensemble des instruments de mesures et de leurs dispositifs complémentaires pour l'obtention d'un résultat de mesure. Pour d'autres explications, voir DIN 1319.

#### 3.2 Instrument de mesure

Les instruments de mesures servent à la détermination de grandeurs physiques. Ils conduisent dans le cadre d'une mesure au moyen d'un affichage à échelle ou digital, à une prévision quantitative de la grandeur à mesurer. Cette prévision, la valeur mesurée, est donnée comme produit d'une valeur chiffrée et d'une unité.

#### 3.3 Redondance

La redondance signifie la mise à disposition multiple de mesures fonctionnellement égales ou comparables.

Remarque : Des dispositifs de mesures redondants devraient être installés partout où cela est possible et économiquement supportable (par ex. 2 thermomètres pour la mesure de la même température, où les thermomètres peuvent être de constructions différentes).

#### 3.4 Tolérances

Les tolérances d'un instrument de mesures sont les déviations maximales autorisées d'une valeur lors d'une mesure de contrôle. Elles sont fixées par le fabricant.

#### 3.5 Contrôle

Le contrôle d'un instrument de mesures doit permettre de déterminer si les résultats des mesures de cet instrument respectent les tolérances définies, par ex. à l'aide d'une plaque de contrôle. Ce procédé se fait en général sur site.

#### 3.6 Mise à zéro

La mise à zéro permet de déterminer le point „zéro“ de l'instrument de mesure. Pour les balances, c'est la notion de tarage qui est utilisée. Ce procédé se fait en général sur site.

#### 3.7 Calibrage

Le fabricant calibre les instruments de mesure et garantit ainsi le respect des tolérances définies. Le calibrage se compose de deux parties : tout d'abord l'examen et ensuite l'ajustement. Dans la mesure où les tolérances ne sont pas respectées lors de l'examen, un ajustement a lieu.

Ce procédé, désigné comme calibrage, est réalisé chez le fabricant ou chez le fournisseur.

### 3.8 Examen

L'examen est une partie du calibrage. Le fabricant ou le fournisseur examine l'instrument de mesures en ce qui concerne les tolérances, par ex. à l'aide de plaques de contrôle qui couvrent tout le domaine de mesures.

### 3.9 Ajustement

L'ajustement est une partie du calibrage. Il est nécessaire lorsque les tolérances de mesures ne sont pas respectées lors de l'examen.

Remarque : Certains instruments de mesures nécessitent un procédé d'ajustement avant leur utilisation. Selon les instruments, ce procédé doit être répété à la fin des mesures ou de la série de mesures. Ceci concerne cependant exclusivement des mesures que le fabricant/fournisseur exécute lui-même.

### 3.10 Etalonnage

L'étalonnage est un procédé qui garantit que les grandeurs mesurées correspondent aux valeurs officiellement définies. Ce procédé ne peut avoir lieu que dans des centres d'étalonnage officiellement accrédités. Les instruments de mesure étalonnables couvrent avant tout les grandeurs physiques suivantes : longueur, masse, temps et courant.

La plupart des instruments de mesure utilisés dans la surveillance des barrages ne peuvent en conséquence pas être étalonnés, mais seulement calibrés.

### 3.11 Garantie d'un fonctionnement correct d'un instrument de mesures

Dans la table suivante sont résumées les activités requises pour le bon fonctionnement d'un instrument de mesure, ainsi que qui les exécutent et où.

	qui	Exploitant	Fabricant/fournisseur	Centre étalonnage
quoi	où	ouvrage (sur site)	Chez le fabricant/fournisseur	Au centre d'étalonnage
Contrôle		X		
Mise à zéro		X		
Calibrage			X	
Examen			Partie du calibrage	
Ajustement			Partie du calibrage	
Etalonnage				X





## 4. Utilisation des instruments de mesures

L'exploitant d'un ouvrage d'accumulation se soucie du stockage des instruments de mesures dans un lieu approprié, de leur utilisation correcte et leur entretien périodique. Le personnel doit être formé régulièrement et, lors de la mise en place de nouveaux instruments de mesures, il doit être instruit par le fournisseur.

### 4.1 Entretien et stockage (sur site)

Les instruments de mesures pour les mesures manuelles doivent être stockés dans un lieu sûr, protégé de la poussière et de l'humidité. Il est recommandé que cet endroit soit à des températures similaires à celles de l'ouvrage d'accumulation (voir les données du fabricant) et qu'il se situe à proximité (par ex. dans la maison des barragistes), afin d'éviter de longs transports jusqu'aux postes de mesures.

Les instruments de mesures doivent être nettoyés correctement après chaque utilisation.

Sur tous les instruments de mesures, aucune pièce ne doit être démontée ni modifiée. C'est seulement ainsi que la calibration originale peut être garantie. Ceci concerne par exemple un dispositif de mesure sur le coordiscope qui n'est pas toujours utilisé, ou bien une pointe „Tastspitze“ sur un comparateur.

### 4.2 Usage normal (mesures manuelles)

**Avant chaque mesure**, les instruments de mesure doivent être contrôlés. Pour le contrôle de fonctionnement correct, certains instruments de mesures disposent d'instruments ou de dispositifs de contrôle (plaque de base de contrôle, douille de contrôle, etc.). L'utilisation conséquente de ces moyens procure à l'opérateur l'assurance que les résultats des mesures observés sont de qualité uniforme. Les points suivants sont en outre à considérer :

- Contrôle visuel de l'appareil (dommage, rouille, condensation, etc.)
- Vérification de l'état de charge et des contacts des batteries pour les appareils électriques
- Avant la mesure, adaptation de l'oculaire de l'instrument de mesure optique à la vision de l'observateur
- Là où c'est possible, l'instrument de mesure doit d'abord être contrôlé au poste de mesure de contrôle. Il faut vérifier que ce poste de mesure de contrôle est en bon état et qu'il ne subit pas de changement en raison d'influences extérieures, comme par exemple les variations de température. En présence d'un grand nombre de stations de mesures, il est recommandé d'effectuer un contrôle au début et à la fin de la ronde des mesures et d'avoir un instrument de remplacement à disposition (cf. aussi Chapitre 4.5). Pour le contrôle du coordiscope, il est recommandé d'installer une plaque de contrôle avec 3 positions de contrôle permettant de couvrir tout le domaine de mesures.
- Les instruments de mesure qui possèdent une mise à zéro doivent être mis à zéro avant chaque mesure. Il s'agit de procéder précisément selon les instructions d'utilisation et toujours de la même manière.

Il y a pourtant aussi des instruments de mesures qui ne disposent d'aucun moyen de contrôle (par ex. la sonde piézométrique) ou dont le contrôle est si fastidieux qu'il ne se fait que de temps en temps (par ex. les manomètres). Pour ces instruments se justifie en tout cas l'installation d'un dispositif de contrôle (tronçon de contrôle) ou le

contrôle systématique de l'instrument (contrôle des manomètres) à une fréquence définie.

**Pendant la mesure**, il est nécessaire de manier l'instrument de manière extrêmement soignée (aucun dommage causé par un choc ou même par une chute, ni même par l'eau ou l'humidité). Ci-après sont énoncées quelques règles de base à respecter absolument afin d'éviter des erreurs de mesures :

- Les instructions de mesures sont à suivre scrupuleusement.
- Avant chaque mesure avec le coordiscopie électronique, il faut déplacer l'oculaire jusqu'à la butée à gauche. Il faut être attentif à ce que la valeur 0 (zéro) s'affiche dans cette position, sinon une mise à zéro est à entreprendre.
- Les mesures des infiltrations effectuées à l'aide de récipient et chronomètre doivent toujours se faire du bas vers le haut de l'ouvrage, afin de ne pas fausser les mesures des postes de mesures à l'aval lors de la vidange du récipient de mesure.
- La lecture d'un manomètre ou d'un indicateur de pression interstitielle doit être réalisée avant la purge du circuit, puisque cela peut prendre du temps, en fonction de la perméabilité du sous-sol, après la purge jusqu'à ce que la pression totale soit de nouveau atteinte.

Conseil : après une longue et fréquente utilisation des instruments de mesures, il est recommandé de les envoyer aux fournisseurs afin de les soumettre à un calibrage précis (cf. Chapitre 5).

### 4.3 Contrôle des mesures télétransmises

Les postes de mesures télétransmises doivent être agencés de telle manière qu'il est possible de les contrôler chaque mois ou chaque année selon les dimensions de l'ouvrage à l'aide d'un moyen manuel indépendant (mesure redondante). Cf. l'Ordonnance sur les ouvrages d'accumulation OSOA, 2013, Art. 16, al. 2 et 3. Ces possibilités sont disponibles dans la règle pour les mesures télétransmises suivantes :

- Mesures de pendules au moyen d'un poste de mesure manuelle (plaque).
- Mesures des infiltrations au moyen de récipients ou de mesures ponctuelles
- Mesures de sous-pressions au moyen de manomètres
- Niveau de la retenue à l'aide d'un manomètre (précision entre 0.5 et 1 m)
- Eventuellement mesures de température au moyen d'un thermomètre ou d'une deuxième sonde électrique.

### 4.4 Défauts, pannes et mesures

Lors de résultats inhabituels, il est d'abord recommandé de rechercher une quelconque cause technique/matériel, avant de conclure à un comportement anormal de l'ouvrage d'accumulation et de mettre en place des mesures inutiles.

De nombreux dommages variés peuvent toucher les instruments de mesure. Ils sont souvent de nature évidente (par exemple après une chute ou lors de conditions extrêmes d'humidité). Afin d'éviter un dysfonctionnement en de pareils cas, il est indiqué d'expédier immédiatement l'instrument au fournisseur pour un calibrage.

Quelquefois surgissent également des défauts cachés, qui peuvent également conduire à des dysfonctionnements. Avant d'envoyer l'instrument au fournisseur, quelques contrôles simples sont à réaliser, comme par exemple :



- Niveau de charge de la batterie suffisant
- Contacts en bon état et secs ?
- Mesures sur le dispositif de contrôle correctes ?
- Les mesures correspondent-elles avec d'autres mesures similaires (par exemple avec des installations de mesures redondantes comme les pendules et les alignements de fils, mesures manuelles et mesures automatiques télétransmises, etc.) ?

Ces contrôles permettent souvent d'identifier les dérangements aux instruments de mesure et même aussi de les régler/supprimer. La plupart du temps, il est possible de reconnaître s'il s'agit d'un défaut lié à l'instrument de mesure ou bien d'un comportement anormal de l'ouvrage de retenue. Dans les deux cas, le professionnel expérimenté en charge de la surveillance du barrage doit être immédiatement avisé. En cas de doute, il est toutefois recommandé d'expédier l'instrument de mesure au fabricant pour un examen approfondi et un ajustement.

#### 4.5 Appareil de réserve (permanent / temporaire)

L'élimination du défaut de l'instrument par le fabricant peut durer longtemps dans certains cas. Dans de nombreux cas, l'instrument défectueux doit même être remplacé. C'est pourquoi il est urgemment recommandé de disposer d'instruments de réserve adaptés. Avec cela, quelques points sont à considérer et à contrôler :

- Les valeurs mesurées avec l'instrument de réserve correspondent-elles à celles de l'instrument actuellement en service ? Cette comparaison doit absolument être réalisée tant que l'instrument en service fonctionne de manière irréprochable. Il est possible d'utiliser comme appareil de réserve un instrument d'un autre barrage (par ex. instrument de mesure de température ou coordiscope de construction similaire).
- S'il est prévu d'utiliser un appareil de réserve mis à disposition par le fabricant, l'appareil en service doit être envoyé au fabricant de manière anticipée. Celui-ci vérifie si les mesures de l'instrument correspondent à celles de son appareil de réserve. Il doit être demandé au fabricant qu'il confirme qu'un appareil de réserve soit en tout temps disponible.
- Pour le cas où l'instrument de mesure doit être une fois remplacé par un nouvel instrument, soit en raison de son âge ou à cause d'un dégât irréparable, il faut se renseigner suffisamment tôt sur la disponibilité d'un appareil de substitution similaire. Sinon, l'exploitant doit réfléchir à renouveler à temps son installation de mesures, de manière à pouvoir effectuer une mesure de transition.
- Le passage d'un instrument de mesure à un autre est en tout temps possible et sans difficulté d'adaptation grâce à la présence d'une installation de contrôle des mesures et grâce à la prise en compte de cette mesure de contrôle lors du traitement des mesures (calcul des différences).



## **5. Calibrage par examen et ajustement**

Ce chapitre traite exclusivement du mandat au fabricant/fournisseur, resp. de son devoir de garantir le bon fonctionnement des instruments de mesure.

### **5.1 Calibrage chez le fabricant**

Même si l'on peut admettre que les contrôles in situ sont réalisés conformément aux présentes recommandations, les auteurs estiment qu'il est nécessaire de faire examiner régulièrement les instruments de mesures chez le fabricant et, le cas échéant, de les faire ajuster. Cette mesure assure le bon fonctionnement de l'instrument et doit montrer qu'une attention suffisante est portée au soin de l'instrument.

Le fabricant dispose habituellement d'installations et de moyens professionnels lui permettant de contrôler l'instrument sur tout le domaine de mesures et de l'ajuster si nécessaire. Il peut également entreprendre directement tout entretien ou toute réparation jugée utile.

Sur la base des réflexions ci-avant, nous arrivons à la conclusion qu'un examen auprès du fabricant devrait être entrepris à un intervalle raisonnable et unique pour la plupart des instruments de mesure. Plus de précisions suivent dans le chapitre „Recommandations“.

### **5.2 Calibrage sur place au barrage par le fabricant**

Pour les instruments de mesure installés de manière fixe (par ex. les balances, les limnimètres flottants, les installations de mesures télétransmises), l'intervention sur place du fabricant/fournisseur est à prévoir à intervalles réguliers.



## 6. Définition de la fréquence d'examen

### 6.1 Considérations sur la base d'une analyse de risques

La définition d'une fréquence d'examen se base sur deux paramètres

- La fréquence d'utilisation de l'instrument de mesure (nombre de manipulations  $\approx$  nombre de postes de mesures \* nombre de mesures par année)
- L'exposition à un danger de l'instrument de mesure lors de la ronde (longueur et degré de difficulté).

L'importance des mesures, la fréquence des mesures et la fiabilité des instruments de mesures ne sont pas utilisées comme paramètres, car elles peuvent être considérées égales et/ou constantes pour tous les ouvrages.

La notation du paramètre „fréquence“ est la suivante :

- 1 faible manipulations < 50-60
- 2 moyen 50-60 < manipulations < 100-120
- 3 fort 100-120 < manipulations < 200-240
- 4 extrême 200-240 < manipulations



La notation du paramètre „exposition“ est la suivante :

- 1 faible courte ronde, accès facile
- 2 moyen courte ronde avec escaliers ou échelles, ronde moyenne d'accès facile
- 3 fort ronde moyenne avec escaliers ou échelles, longue ronde d'accès facile
- 4 extrême longue ronde avec escaliers ou échelles

En multipliant les points des paramètres „fréquence“ (d'utilisation) et „exposition“ (à un danger), on obtient la grille 4x4 avec les valeurs suivantes :

		fréquence			
		1	2	3	4
exposition	1	1	2	3	4
	2	2	4	6	8
	3	3	6	9	12
	4	4	8	12	16

La grille est maintenant divisée en deux parties de totaux de points similaires. En utilisant la fréquence de révision, par exemple :

-  Révision chaque 5 ans
-  Révision chaque 2 ans

on obtient la tablelle suivante :

		Fréquence			
		1	2	3	4
Exposition	1	1	2	3	4
	2	2	4	6	8
	3	3	6	9	12
	4	4	8	12	16

Avec un résultat de 16, l'acquisition d'un instrument de réserve est vivement recommandée.

→ Cf. Exemples d'application de la démarche décrite à l'annexe 4.

## 6.2 Considérations tirées de la pratique

Dans les ouvrages d'accumulation, les conditions ne sont pas celles d'un laboratoire. Les instruments de mesure sont sollicités sur place de manière très différente et sont soumis à des conditions parfois très dures. L'expérience a montré que l'on ne peut tirer des conclusions générales valables sur l'état des instruments de mesure des différents exploitants. Celui-ci dépend principalement de l'utilisateur et de son utilisation de l'instrument.

Pour ces raisons, il est nécessaire que le bon fonctionnement des instruments de mesure soit contrôlé régulièrement et que l'instrument de mesure soit examiné par le fabricant à un rythme régulier et ajusté si nécessaire. Si tel est le cas, on peut admettre sans autre que les résultats des mesures rapportés sont d'une grande qualité.

Les connaissances acquises par le groupe de travail conduisent à diverses recommandations qui sont présentées dans le chapitre suivant.



## 7. Recommandations

Les recommandations ci-dessous se rapportent aux instruments de mesure en possession de l'exploitant selon la liste à l'annexe 1.

Les instruments de mesure de tiers, pour l'exécution de mesures plus complexes sur mandat de l'exploitant (géodésie, inkrex, ...) sont exclus de ces recommandations. Il est admis que le bon fonctionnement de ces instruments de mesure est de la responsabilité des tiers spécialisés qui entreprennent ou font exécuter les contrôles et calibrages nécessaires dans les intervalles de temps requis.

### 7.1 Résumé des recommandations

1. Entreposage adapté, soin et manipulation adéquate.
2. Acquisition d'instruments de réserve (si nécessaire et sensé).
3. Prévoir des installations de contrôle des mesures sur place (où possible).
4. Contrôle de la télétransmission (obligations selon l'Ordonnance sur les ouvrages d'accumulation).
5. Pour les ouvrages avec un grand nombre de mesures, contrôle du bon fonctionnement de l'instrument de mesure à l'aide du dispositif de contrôle de mesures, avant et après les mesures.
6. Examen du fonctionnement de l'instrument de mesures par le fabricant/fournisseur **tous les 5 ans** en général. Idéalement, présenter un protocole de calibrage du fabricant lors du contrôle quinquennal (garder le sens de la mesure!).
7. Intégrer les mesures de contrôle dans l'analyse des mesures (calcul des différences). De cette manière, les mesures peuvent se poursuivre sans effort d'adaptation même lors de changement d'appareils.

Remarques sur les coûts :

Pour un simple calibrage (examen sans ajustage) par le fabricant, il faut compter un ordre de grandeur de coûts entre 200.- et 300.- francs. Pour un calibrage avec ajustage, il faut compter un ordre de grandeur de coûts entre 500.- et 1000.- francs.

Les présentes indications de coûts ne contiennent ni les frais d'administration et d'expédition ni ceux pour une intervention plus conséquent pour les instruments de mesures fortement endommagés.

### 7.2 Recommandations complémentaires

Pour l'utilisation et l'entretien des instruments de mesures, nous recommandons l'élaboration et la tenue à jour des documents complémentaires suivants :

#### Liste des instruments de mesures

Cette liste contient les spécifications essentielles des instruments de mesures. Grâce à cette liste, toutes les informations importantes sur les instruments de mesures sont visibles d'un coup d'oeil.

→ *cf. exemple à l'annexe 2.*

#### Carnet de bord

Pour chaque instrument de mesure, un carnet de bord est établi.

Dans ce document (1 page A4) sont inscrites les principales données techniques de l'instrument, de même que son historique. De cette manière, on dispose d'un coup d'oeil de toutes les informations sur un instrument spécifique.

→ *cf. exemple à l'annexe 3.*

#### **Liste de tous les points de mesures**

Enfin, dans le règlement d'entretien et de surveillance, il est recommandé d'établir une liste de tous les points de mesures avec les indications suivantes : numéro chronologique, installation de mesure, instrument de mesure, brève désignation, position dans l'ouvrage, altitude du poste de mesure, désignation du poste de mesure, type de mesure, etc.

→ *cf. exemple de liste de points de mesures à l'annexe 5.*

## **8. Bibliographie et liens internet**

- Genau messen und trotzdem falsch – Qualitätssicherung von Überwachungsmessungen an Talsperren, Holger Rosenkranz, Wasser Wirtschaft, Heft 10/2010, Seite 24-27
- Comité Suisse des Barrages (CSB) : [www.swissdams.ch](http://www.swissdams.ch)
- Comité Français des Barrages et Réservoirs (CFBR) : [www.cfbr.eu](http://www.cfbr.eu)
- Deutsches Talsperren Komitee: [www.talsperrenkomitee.de](http://www.talsperrenkomitee.de)
- Österreichisches Nationalkomitee für Talsperren: [www.atcold.at/de/kontakt](http://www.atcold.at/de/kontakt)
- <http://www.iso.org>
- DIN 1319-1:1995-01 Grundlagen der Messtechnik – Teil 1: Grundbegriffe...
- DIN 1319-2:2005-10 Grundlagen der Messtechnik – Teil 2: Begriffe für Messmittel
- DIN VDE 0100-600:2008-06 Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 6: Prüfungen (IEC 60364-6: 2006, modifiziert); Deutsche Übernahme HD 60364-6: 2007
- DIN VDE 0105-100:200-06 Betrieb von elektrischen Anlagen
- DIN VDE 0701-0702 Prüfung elektrischer Geräte
- DIN EN 60204-1:2007 (VDE 0113-1) Sicherheit von Maschinen - Elektrische Ausrüstung von Maschinen-Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- SN EN ISO 9001:2008 Systèmes de management de la qualité - Exigences
- ...

## **9. Annexes**

- 1 Tableau MESURES DES BARRAGES, recommandations pour les instruments de mesure
- 2 Liste des instruments de mesures
- 3 Exemple de carnet de bord
- 4 Détermination de la fréquence d'examen par l'approche de l'analyse de risque (exemples)
- 5 Liste de tous les points de mesures d'un ouvrage d'accumulation



## MESURES DES BARRAGES - Recommandation pour les instruments de mesure

Contenu <sup>1)</sup>	Dispositif de mesure	Instruments de mesure (instrument de lecture, instrument pour la saisie de mesures)	Fabricant/fournisseur possible	Contrôle sur site (au barrage)	Contrôle redondant sur site (selon ouvrage de retenue)	Recommandation pour calibrage chez le fabricant/fournisseur	Remarques
<b>Niveau du plan d'eau</b>							
1.01	Balance à pression	Instrument de lecture	Rittmeyer	aucun	2e appareil de mesure de niveau	chaque 5 ans	pour le contrôle, le niveau de la retenue peut être mesuré depuis le couronnement à l'
1.02	Flotteur	Instrument de lecture		aucun	Echelle limnimétrique	chaque 5 ans	
1.03	Echelle limnimétrique	Latte		aucun	Géodésie	chaque 5 ans	
1.04	Manomètre	Manomètre	Hány, Wicka	aucun	Manomètre de contrôle	chaque 5 ans	
1.05	Sonde pneumatique	Instrument de lecture analogique/digital	Rittmeyer	aucun	2e appareil de mesure de niveau	chaque 5 ans	
1.06	Sonde à ultrasons	Instrument de lecture digital	Vega, Rittmeyer, Huggenberger	aucun	2e appareil de mesure de niveau	chaque 5 ans	
1.07	Sonde de pression	Instrument de lecture digital	Rittmeyer, JMC, SDS	aucun	2e appareil de mesure de niveau	chaque 5 ans	
1.08	Câble avec témoin sonore ou lumineux	Sonde piézométrique	Huggenberger, Rittmeyer	Tronçon de contrôle et contrôle de fo	aucun (ou 2e appareil)	aucun	
<b>Niveau des sédiments</b>							
1.09	Mesure de profondeur d'eau	<i>Instrument de mesure spécial (les mesures sont exécutées par des entreprises spécialisées)</i>				-	Le fournisseur de prestation doit démontrer la capacité de fonctionnement (selon
<b>Températures de l'air et de l'eau</b>							
1.1	Thermographe	Enregistreur à bandes de papier		Contrôle de l'horloge, sinon aucun	Thermomètre normal	chaque 5 ans	contrôler tous les 5 ans avec un thermomètre étalonné
1.11	Thermomètre normal	Lecture sur le thermomètre		aucune	Thermomètre étalonné	aucun	
1.12	Thermomètre électrique	Instrument de lecture électrique (par ex. Indipix Huggenberger		Résistance de contrôle pour Indipoc	Thermomètre étalonné	chaque 5 ans	La mesure de contrôle doit être effectuée aussi proche que possible du thermomètre et
<b>Température dans le béton</b>							
1.13	Thermomètre normal	Lecture sur le thermomètre		aucun	Thermomètre étalonné	aucun (dépassé)	Système dépassé
1.14	Thermomètre électrique	Instrument de lecture électrique (par ex. Indipix Huggenberger		Résistance de contrôle pour Indipoc	Eventuellement télémesure	chaque 5 ans	Le bon fonctionnement du capteur de température n'est pas contrôlable
1.15	Capteurs distribués de température à fibres optiques	<i>Instrument de mesure spécial (les mesures sont exécutées par des entreprises spécialisées)</i>			?	-	Le fournisseur de prestation doit démontrer la capacité de fonctionnement (selon
<b>Précipitations</b>							
1.16	Pluviomètre / pluviomètre totalisateur / pluviographe	Lecture manuelle, affichage digital	GMC	Contrôle avec quantité de liquide défini aucun (ou 2e instrument de mesure)		chaque 5 ans	
<b>Contraintes dans les remblais et dans le béton</b>							
1.17	Mesure de la pression des terres	Manomètre ou instrument de lecture électrique Solexpert, Stump		aucun	aucun	chaque 5 ans	Faire examiner éventuellement l'instrument de lecture. Les boîtes de mesures ne sont
<b>Mesure du déplacement spatial des points</b>							
2.01	Triangulation	<i>Instrument de mesure spécial (les mesures sont exécutées par des entreprises spécialisées)</i>				-	Le fournisseur de prestation doit démontrer la capacité de fonctionnement (selon
2.02	Mesures assistées par satellites (GPS)	<i>Instrument de mesure spécial (les mesures sont exécutées par des entreprises spécialisées)</i>				-	Le fournisseur de prestation doit démontrer la capacité de fonctionnement (selon
2.03	Photogrammétrie	<i>Instrument de mesure spécial (les mesures sont exécutées par des entreprises spécialisées)</i>				-	Le fournisseur de prestation doit démontrer la capacité de fonctionnement (selon
2.04	Laser-scanning	<i>Instrument de mesure spécial (les mesures sont exécutées par des entreprises spécialisées)</i>				-	Le fournisseur de prestation doit démontrer la capacité de fonctionnement (selon
<b>Déformées le long de lignes horizontales ou verticales</b>							
2.05	Nivellement	Niveau	Leica	Test de nivellement	aucun (ou 2e instrument de mesure)	chaque 5 ans	par l'exploitation (par une entreprise externe, alors comme 2.01-2.04)
2.06	Mesure simple d'angles et mesure de distance électro-optique	Théodolithe	Leica	aucun	aucun (ou 2e instrument de mesure)	chaque 5 ans	
2.07	Alignement optique	Colimateur ou théodolithe	Leica	aucun	Géodésie	aucun (dépassé)	
2.08	Polygonale	<i>Les mesures sont habituellement effectuées par des entreprises spécialisées</i>				-	Le fournisseur de prestation doit démontrer la capacité de fonctionnement (selon
2.09	Pendule, pendule inversé	Coordiscope	Huggenberger	Plaque de contrôle	Télémesure, polygonale	chaque 5 ans	Contrôler le flotteur, éventuellement plaque de contrôle avec 3 points de mesures
2.09	Pendule, pendule inversé avec blocage du fil	Coordiscope ou télémesure	Huggenberger/Hydro Quebec	Plaque de contrôle	Télémesure, polygonale	chaque 5 ans	Contrôler le flotteur, faire contrôle l'ancrage par le fournisseur
2.10	Alignement par fil	Instrument d'alignement	Huggenberger	Plaque de contrôle	Polygonale	chaque 5 ans	
2.11	Repère de tassement vertical	Instrument de lecture, chevillère et sonde de mesure		Tube de contrôle ?	aucun (ou 2e instrument de mesure)	chaque 5 ans	Calibrage ou réparation seulement si nécessaire
2.12	Repère de tassement hydraulique		inconnu	Contrôler les conduites, purger l'air, ..	Géodésie	chaque 5 ans	Le fournisseur de prestation doit démontrer la capacité de fonctionnement (selon
<b>Variation de longueur</b>							
2.13	Distomètre	Distomètre	Solexperts	Tronçon de contrôle	contrôle avec chevillère, toutefois moins précis	chaque 5 ans	installer éventuellement une station de mesure de calibrage, contrôle périodique éven
2.13	Distinvar	<i>Instrument de mesure spécial (les mesures sont exécutées par des entreprises spécialisées)</i>				-	Le fournisseur de prestation doit démontrer la capacité de fonctionnement (selon
<b>Variation de longueur et déformée le long de ligne de forage</b>							
2.14	Extensomètres à tiges et à fils	Comparateur	Huggenberger	Douille de contrôle	aucun (ou 2e instrument de mesure)	chaque 5 ans	
2.15	Extensomètre à tiges pour barrage en remblai	<i>Instrument de mesure spécial (les mesures sont exécutées par des entreprises spécialisées)</i>				-	aucune utilisation en Suisse
2.16	Extensomètre fibre optique	Instrument de lecture	Smartec	aucun	aucun	chaque 5 ans	
2.17	Micromètre de forage / micromètre de forage avec inclinomètre	<i>Instrument de mesure spécial (les mesures sont exécutées par des entreprises spécialisées)</i>				-	Le fournisseur de prestation doit démontrer la capacité de fonctionnement (selon
2.18	Inclinomètre	<i>Instrument de mesure spécial (les mesures sont exécutées par des entreprises spécialisées)</i>				-	Le fournisseur de prestation doit démontrer la capacité de fonctionnement (selon
<b>Variation de rotations locales</b>							
2.19	Clinomètre	Balance, clinomètre, affichage digital	Huggenberger	Station de mesure de contrôle (mesu aucun (ou 2e instrument de mesure)		chaque 5 ans	
2.19	Tiltmètre	Tiltmètre, instrument de lecture électrique	Stump		Kontrollmesssstelle in unmittelbarer Nähe (z. B. f	chaque 5 ans	
	Zéromatique	Zéromatique	Huggenberger	Auto-contrôle durch Umschlagmessung			
<b>Mouvement de fissures et de joints</b>							
2.20	Micromètre	Micromètre (dépassé)	Huggenberger	???		chaque 5 ans	
2.20	Déformètre	Déformètre (comparateur)	Huggenberger	Règle de contrôle en invar	aucun (ou 2e instrument de mesure)	chaque 5 ans	

## MESURES DES BARRAGES - Recommandation pour les instruments de mesure

Contenu <sup>1)</sup>	Dispositif de mesure	Instruments de mesure (instrument de lecture, instrument pour la saisie de mesures)	Fabricant/fournisseur possible	Contrôle sur site (au barrage)	Contrôle redondant sur site (selon ouvrage de retenue)	Recommandation pour calibrage chez le fabricant/fournisseur	Remarques
2.20	Dilatomètre	Dilatomètre (dépassé), aujourd'hui Indipoc	Huggenberger	Douille de contrôle	aucun (ou 2e instrument de mesure)	chaque 5 ans	
2.20	Défectomètre	Compareteur	Huggenberger	Douille de contrôle	aucun (ou 2e instrument de mesure)	chaque 5 ans	
<b>Déformation ponctuelle</b>							
2.21	Déformètre électrique noyé dans le béton	Instrument de mesure (Indipoc)	Huggenberger	Résistance de contrôle pour Indipoc	aucun (ou 2e instrument de mesure)	chaque 5 ans	Construction fixe dans le béton
2.22	Fibre optique noyée dans le béton (cf. 2.15)	voir 2.16					
<b>Débit des eaux d'infiltration et de drainage</b>							
3.01	Mesure volumétrique avec récipient taré et chronomètre	Récipient, chronomètre	Div.	autres récipients et chronomètres		-	Contrôler le récipient et le chronomètre (mesurer 20 s au minimum)
3.02	Déversoir / canal de mesure	Latte	Div.	aucun	Récipient et chronomètre	-	
3.03	Mesure du flux dans les tubes	Mesure automatique	Div.	aucun	Récipient et chronomètre	chaque 5 ans	Calibrage sur place par le fournisseur/fabricant
3.04	Mesure du flux dans les tubes partiellement remplis	Mesure automatique	Div.	aucun	Récipient et chronomètre	chaque 5 ans	Calibrage sur place par le fournisseur/fabricant
<b>Pression d'eau dans le rocher</b>							
3.05	Piézomètres : système ouvert	Sonde piézométrique	Div.	équiper un tronçon de contrôle	2e sonde piézométrique	-	
3.06	Piézomètres : système fermé Piézomètres : cellules de pression (pneumatique)	Manomètre	Klötzel	aucun	Contrôle avec manomètre étalonné	chaque 5 ans	
3.07	Piézomètres : cellules de pression (électrique)	Instrument de lecture électrique (par ex. Indipoc)	Huggenberger	Résistance de contrôle pour Indipoc	aucun (ou 2e instrument de mesure)	chaque 5 ans	
<b>Pression d'eau dans les matériaux meubles</b>							
3.08	Piézomètres : système ouvert	Sonde piézométrique	Div.	équiper un tronçon de contrôle	2e sonde piézométrique	-	
3.09	Piézomètres : système fermé	Manomètre	Div.	aucun	Contrôle avec manomètre étalonné	chaque 5 ans	
3.10	Piézomètres : cellules de pression (hydraulique, pneumatique ou Mesure automatique)		Div.	Résistance de contrôle pour Indipoc	aucun (ou 2e instrument de mesure)	chaque 5 ans	
<b>Relevé des modifications physiques ou chimiques</b>							
3.11	Turbidimètre	Cône Imhoff	Siegrist/Züllig	Liquide de calibrage	Analyses d'échantillons en laboratoire		Liquide de calibrage dans le cône Imhoff
3.12	Analyse chimique	<i>Instrument de mesure spécial (les mesures sont exécutées par des entreprises spécialisées)</i>				-	<i>Le fournisseur de prestation doit démontrer la capacité de fonctionnement (selon le rapport)</i>
<b>Méthodes géophysiques</b>							
4.01	Sismique réflexion, sismique réfraction, géoélectrique, électromagnétique, géoradar, géomagnétique, gravimétrie, tomographie, sismique, ultrason, relevé infrarouge, diagraphie	<i>Instrument de mesure spécial (les mesures sont exécutées par des entreprises spécialisées)</i>				-	<i>Le fournisseur de prestation doit démontrer la capacité de fonctionnement (selon le rapport)</i>
<b>Inspection par caméra</b>							
4.02	Robot sous-lacustre muni d'une caméra	<i>Instrument de mesure spécial (les mesures sont exécutées par des entreprises spécialisées)</i>				-	<i>Le fournisseur de prestation doit démontrer la capacité de fonctionnement (selon le rapport)</i>
4.03	Caméra dans un forage	<i>Instrument de mesure spécial (les mesures sont exécutées par des entreprises spécialisées)</i>				-	<i>Le fournisseur de prestation doit démontrer la capacité de fonctionnement (selon le rapport)</i>
<b>Caractéristiques des béton</b>							
4.04	Scléromètre (marteau de Schmidt)	Marteau de Schmidt		Corps de contrôle	aucun (ou 2e instrument de mesure)	chaque 5 ans	
4.05	Essais en laboratoire	<i>Instrument de mesure spécial (les mesures sont exécutées par des entreprises spécialisées)</i>				-	<i>Le fournisseur de prestation doit démontrer la capacité de fonctionnement (selon le rapport)</i>
<b>Détection de circulation d'eau</b>							
4.06	Mesure des variations de température en raison des percolations					chaque 5 ans	
<b>Divers</b>							
5.01	Contrôle des ancrages	Instrument de lecture (par ex. Indipoc)	Huggenberger	Résistance de contrôle pour Indipoc	aucun (ou 2e instrument de mesure)	-	

<sup>1)</sup> selon le rapport "Installations de mesures pour la surveillance des ouvrages d'accumulation : concept, fiabilité et redondance", Comité Suisse des Barrages (CSB) 2007



## Annexe no 2 – Liste des instruments de mesures

La liste des instruments de mesure contient les informations suivantes :

- Numéro chronologique
- Nom de l'instrument
- Fabricant
- Type d'instrument
- Numéro de série
- Lieu de stockage
- Utilisation (but)
- Remarque.

Toutes les informations importantes sur les instruments de mesures sont visibles d'un coup d'oeil.

<b>Barrage</b>							
<b>Liste des instruments de mesures</b>							
No	Instrument	Fabricant	Type	No de série	Emplacement	Utilisation	Remarque
1	Coordiscope digital						
2	Défectomètre						
3	Chronomètre						
4	Thermomètre						
5	Sonde piézométrique						
6	Manomètres						
7							
8							
9							
10							



### Annexe no 3 – Carnet de bord des instruments de mesures

Un carnet de bord devrait être établi pour chaque instrument de mesure : il s'agit d'une feuille avec les principales données techniques de l'instrument et de son historique. Les informations suivantes sont à remplir : nom du barrage, nom du propriétaire, instrument de mesure et type, no de modèle, no de série, année de construction et/ou de mise en service, lieu de stockage, éventuellement une photo de l'instrument.

Pour l'historique, les informations suivantes sont requises : date, cause du défaut, description de la réparation avec date, auteur de la réparation, documents joints, remarques.

D'un coup d'oeil, on a ainsi toutes les informations sur un instrument de mesure.

CARNET DE BORD DES INSTRUMENTS DE MESURES						
<b>Barrage</b>	nom					
<b>Propriétaire</b>	nom					
<b>Instrument et type</b>	nom					
<b>No</b>	no					
<b>Fabricant</b>	nom					
<b>Modèle</b>	nom					
<b>No de série</b>	no					
<b>Mise en service</b>	date					
<b>Lieu de stockage</b>	nom					
No	Date	Défaut/dommage				
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						



## Annexe no 4 – Détermination de la fréquence d'examen sur la base de l'analyse de risque

### Exemples

	notation
Exemple pour le coordiscope du barrage 1	
- fréquence : 25 postes de mesures * 15 campagnes = 375 manipulations par année	4
- exposition : 2 km en véhicule sur piste alpine, 3 km à pied, escaliers raides	4
- résultat : $4*4 = 16$ --> révision tous les 2 ans et instrument de réserve conseillé	
Exemple pour le coordiscope du barrage 2	
- fréquence : 4 postes de mesures * 25 campagnes = 100 manipulations par année	2
- exposition : 0.5 km en véhicule, 0.5 km à pied, échelle verticale	3
- résultat : $2*3 = 6$ --> révision tous les 5 ans	
Exemple pour le coordiscope du barrage 3	
- fréquence : 1 poste de mesures * 20 campagnes = 20 manipulations par année	1
- exposition : 1 m à pied (instrument à côté du pendule)	1
- résultat : $1*1 = 1$ --> révision tous les 5 ans	



## Annexe no 5 – Liste de tous les points de mesures d'un barrage

<b>Barrage</b>							
<b>Liste de tous les points de mesures</b>							
No	Installation de mesure	Instrument	Nom	Position	Altitude	Poste de mesure	Type de mesure
1	Pendule 1	coordiscope KK84D	P1	Joint 12, bloc A	2306.00	11	déplacement amont-aval
2							déplacement gauche-droite
3					2274.00	12	déplacement amont-aval
4							déplacement gauche-droite
5	Pendule 2	coordiscope KK84D	P2	Joint 18, bloc A	2306.00	21	déplacement amont-aval
6							déplacement gauche-droite
7					2258.00	22	déplacement amont-aval
8							déplacement gauche-droite
9					2226.00	23	déplacement amont-aval
10							déplacement gauche-droite
11		Telelot			2226.00	23	déplacement amont-aval
12							déplacement gauche-droite
...							
32	Pendule inverse 2	coordiscope KK84D	Pi2	Joint 18, bloc A	2226.00		déplacement amont-aval
33							déplacement gauche-droite
...							
56	Rocmètre 2	comparateur	R2	Joint 18, bloc A	2226.00	tige 1	tassement/soulèvement
57						tige 2	tassement/soulèvement
58						tige 3	tassement/soulèvement
...							
80	Piézomètre 1	manomètre, sonde piézométrique		Joint 18, bloc A	2226.00	tube court	pression, niveau d'eau
81						tube long	pression, niveau d'eau
82	Piézomètre 2	manomètre, sonde piézométrique		Joint 56, bloc A	2194.00	tube court	pression, niveau d'eau
83						tube long	pression, niveau d'eau
...							
96	Tuyau no 1	manomètre		bloc 11 A	2210.00		pression
97		récepteur et chronomètre					débit
98		thermomètre					température de l'eau
...							