

Auscultation des ouvrages de Génie Civil Maîtrise de la qualité de la mesure

Monitoring of civil engineering structures Quality control of measurement

Franck PAVAILLIER – Alexis PIRON

EDF-DTG - Département Surveillance

21, avenue de l'Europe – BP 41, 38040 GRENOBLE CEDEX 09

franck.pavillier@edf.fr – alexis.piron@edf.fr

Téléphone : +33 (04) 76 20 21 33, Fax : +33 (04) 76 20 21 35

MOTS CLÉS

Surveillance, auscultation, mesures, dispositifs, matériels, capteurs, exigences métier, politique industrielle, métrologie, incertitudes de mesure, validation, archivage, contrôles périodiques.

RÉSUMÉ

Auscultation des ouvrages de génie civil – Maîtrise de la qualité de la mesure

Le suivi du comportement d'un ouvrage de génie civil s'appuie sur deux activités de surveillance complémentaires : les inspections visuelles et l'auscultation. Si la première fait appel principalement à l'œil et à l'expérience de l'expert, la pertinence de la seconde dépend, pour une grande part, de la qualité des mesures d'auscultation.

Afin de maîtriser cette qualité, EDF a défini et mis en place, dans le cadre de son système qualité ISO 9001, une politique et une organisation qui permettent de garantir au mieux cet objectif.

Cette démarche s'appuie sur les six grands principes suivants :

- Définition des « exigences métier »,*
- Mise en place d'une politique industrielle pour les matériels d'auscultation,*
- Maîtrise de l'installation des matériels d'auscultation,*
- Maîtrise de la réalisation des mesures,*
- Maîtrise de la validation et de l'archivage des mesures,*
- Contrôle périodique des dispositifs d'auscultation.*

Le respect de cette démarche permet de constituer une base de données d'auscultation avec le niveau de qualité requis. La maîtrise de cette qualité est essentielle pour assurer la surveillance des ouvrages et élaborer des diagnostics pertinents de leur comportement.

ABSTRACT

Monitoring of civil engineering structures – Quality control of measurement

The control of the behaviour of a civil engineering structure relies on two complementary domains of surveillance : visual inspections and monitoring. If the first one is based mainly on the eye and the knowledge of the expert, the relevance of the second depends, mostly, on the quality of monitoring's measurements. In order to achieve this quality requirement, EDF has defined and set up, in compliance with its quality system ISO 9001, a policy and an organization based on six principles :

- Definition of requirements,*
- Implementation of an industrial policy regarding the devices used in monitoring,*
- Control of the installation of devices,*
- Control of the realization of measurements,*
- Control of the validation and storage of measurements,*
- Periodic control of devices.*

The respect of this approach enables to establish a database with the required quality level. The control of this quality is essential to insure an appropriate monitoring of structures and diagnose their behaviour.

1. INTRODUCTION

L'auscultation d'un ouvrage de génie civil est basée sur la mesure et l'interprétation de phénomènes physiques en vue d'établir un diagnostic sur son comportement.

La pertinence de ce diagnostic dépend, pour une grande part, de la **qualité des mesures d'auscultation**.

En effet, la mise en œuvre inadaptée d'un dispositif, des mesures incorrectes ou la dérive d'un capteur peuvent conduire à une mauvaise interprétation du comportement et donc à un diagnostic erroné.

De ce fait, l'ausculteur doit pouvoir disposer de données dont les chroniques sont irréprochables tout au long de la vie d'un ouvrage, ce afin de détecter sans équivoque toute évolution ou irréversibilité de comportement.

Afin de maîtriser la qualité des mesures d'auscultation, EDF a défini et mis en place, dans le cadre et à l'aide de son système qualité (ISO 9001) [1], une politique et une organisation qui permettent de garantir au mieux cet objectif.

Cette démarche s'appuie sur les six grands principes suivants, développés dans la suite du document :

- Définition des "exigences métier"
- Mise en place d'une politique industrielle pour les matériels d'auscultation,
- Maîtrise de l'installation des matériels d'auscultation,
- Maîtrise de la réalisation des mesures,
- Maîtrise de la validation et de l'archivage des mesures,
- Contrôle des dispositifs d'auscultation.

2. DEFINITION DES « EXIGENCES METIER »

Pour chaque phénomène (ou grandeur) physique ausculté, des exigences en terme d'amplitude et d'incertitude de mesure ont été définies. Ces exigences, nommées « exigences métier », traduisent les besoins de l'ausculteur pour assurer le suivi du comportement d'un ouvrage avec un niveau de confiance satisfaisant (cf. tableau 1 page suivante).

L'amplitude maximale de mesure indique les variations maximales qui peuvent être observées pour un phénomène physique.

L'incertitude maximale tolérée représente la « précision » de mesure requise qui permet de déceler des anomalies significatives du comportement d'un ouvrage. Ces incertitudes sont indépendantes des méthodes et des appareils de mesure utilisés. Elles ont été définies « à dire d'expert » et sont le fruit du retour d'expérience important acquis sur la connaissance du comportement des grands ouvrages de génie civil.

Une démarche similaire a été entreprise en 2005 par le Comité suisse des barrages [2].

Grandeurs physiques	Exigences métier	
	Amplitude maximale de mesure	Incertitude maximale tolérée (à +/- 2 écarts-type)
Déplacements absolus horizontaux : • Ouvrages en béton (tous types)	50 mm	± 2 mm
Déplacements absolus verticaux : • Ouvrages en béton (tous types)	50 mm	± 1 mm
Déplacements absolus horizontaux et verticaux: • Ouvrages en terre ou enrochements • Conduites, galeries, glissements de terrain	250 mm à quelques m	± 5 mm ± 15 mm
Déplacements relatifs : • Sur base courte (joints, fissures) • Sur base longue (de 3 mètres à 50 m) - en matériau meuble (terre) - en matériau rigide (béton, rocher)	10 mm 100 mm 20 mm	± 0,3 mm ± (0,3 mm + 0,1 mm/m de base) ± (0,3 mm + 0,025 mm par m)
Déformations unitaires (béton ou acier)	1 000 µm/m	± 50 µm/m
Variations de tension de câbles de précontrainte ou d'ancrage	8000 kN	± 10 % de la tension nominale
Températures du béton ou de l'air	60°C	± 2°C
Sous-pressions en fondation d'un barrage Pressions interstitielles dans le corps d'une digue en terre	100 m d'eau	± 1 m d'eau ± 4 % de la pression maximale mesurée dans la chambre
Niveaux piézométriques dans la fondation ou le corps d'un barrage. ou dans une nappe de versant ou de vallée	quelques m à 100 m	± 1 m d'eau ± 4 % de la hauteur d'eau maximale mesurée dans la chambre
Niveau d'eau dans un drain horizontal ou tapis drainant	3 m d'eau	± 0,50 m d'eau (mesure à la sonde, par capteur 4 20 mA ou par cellule étalonnée avec correction de la Patm)
Débits de fuite et de drainage :	De quelques l/min jusqu'à 7000 l/min	± 15 % du débit mesuré
Cote de la retenue	200 m d'eau	± 0,10 m d'eau

Tableau 1 - "Exigences métier"

3. POLITIQUE INDUSTRIELLE POUR LES MATERIELS D'AUSCULTATION

Le domaine du génie civil se distingue des autres milieux industriels par des durées de vie des dispositifs qui sont particulièrement longues, une grande dispersion géographique des ouvrages, des environnements disparates, des conditions climatiques parfois sévères, une culture de la mesure et de la métrologie plutôt faible et une offre externe restreinte en terme de solution.

Les sociétés qui fabriquent des capteurs et autres systèmes de mesures sont peu nombreuses, produisent de faibles quantités de matériel et mènent peu d'actions de R&D. L'offre doit donc toujours être examinée avec prudence et nécessite des actions de qualification importantes avant leur mise en place opérationnelle sur les ouvrages.

Afin de prendre en compte ces différentes particularités ainsi que le nombre important de capteurs concernés sur les parcs d'ouvrages hydrauliques et nucléaires (environ 20000 capteurs sur 600 ouvrages), EDF a défini et mis en place une politique industrielle pour le choix, la qualification et le maintien en conditions opérationnelles des matériels d'auscultation [3] [4]. Celle-ci s'appuie sur les trois grands principes suivants :

- Utilisation d'un nombre restreint de types de matériels,
- Élaboration d'un processus de sélection et de qualification des matériels,
- Pérennisation des matériels qualifiés.

3.1 Utilisation d'un nombre restreint de types de matériels

Cette règle présente plusieurs avantages. Elle permet notamment d'acquérir une bonne connaissance des matériels (comportement, dérive éventuelle, ...) et de faciliter ainsi leur maintien en conditions opérationnelles (procédures de maintenance corrective et préventive, formation des agents, ...). Le nombre important de matériels installés permet d'effectuer un retour d'expérience pertinent et faire vivre ainsi une boucle d'amélioration. Sur le plan achat, le volume de commandes conséquent permet la mise en place de marchés cadres avec des tarifs négociés.

De manière générale, cette approche permet de mutualiser les moyens techniques et les ressources, et répondre ainsi à la forte exigence de productivité imposée par le nombre important de matériels en jeu.

En revanche, elle comporte certains inconvénients : risques en cas d'obsolescences de matériels ou de disparition de fournisseurs, risque de monopole d'un fournisseur et absence de concurrence.

Cette approche est largement mise en œuvre à EDF. On peut prendre l'exemple de la télémessure d'auscultation SAFTEL développée par la DTG et industrialisée par la société Centralp Automatismes depuis le début des années 80. Cette gamme de matériels a évolué au cours du temps par paliers techniques afin de bénéficier des nouvelles technologies.

D'autres capteurs sont également utilisés depuis plusieurs décennies, notamment des cellules de pression à corde vibrante ou des tables de pendule fournies par les sociétés Télémac et plus récemment Géo-Instrumentation (Fig. 1 et 2 ci-après).

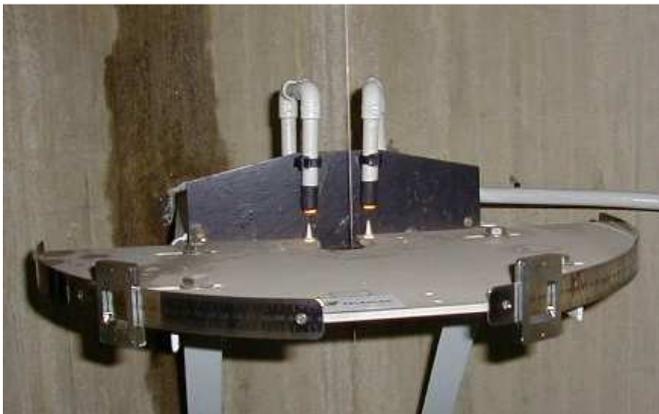


Figure 1 - Table à pointes de visée de pendule

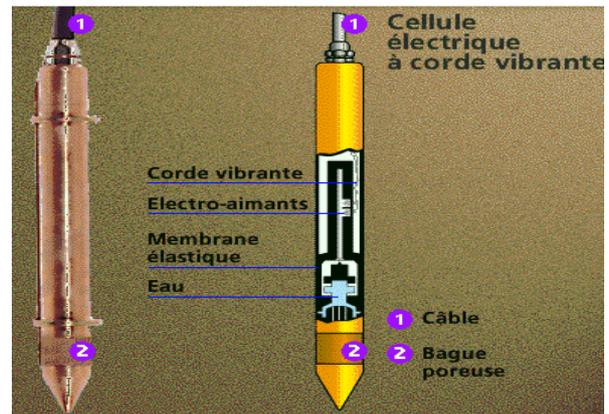


Figure 2 - Cellule de pression à corde vibrante

3.2 Elaboration d'un processus de sélection et de qualification des matériels

Le déploiement d'un nouveau matériel est précédé d'un processus de sélection et de qualification défini. Ce processus, relativement lourd (durée jusqu'à 3 ans), est ponctué par plusieurs étapes qui permettent de retenir le matériel le mieux adapté aux besoins.

3.2.1 Sélection des matériels et des fournisseurs

Les principales caractéristiques attendues d'un matériel d'auscultation sont les suivantes :

- Justesse, fidélité, absence de dérive dans le temps ;
- Insensibilité aux conditions environnementales (température, humidité, surtensions) ;
- Fiabilité, longévité (appareil parfois inaccessible, continuité des mesures très importante) ;
- Robustesse (environnement hostile : humidité, froid, foudre, ...) ;
- Simplicité d'utilisation et d'entretien, maintenabilité.

Les matériels sont sélectionnés en fonction de leurs caractéristiques constructeur. EDF se tourne de préférence vers des fournisseurs « proches » (européens) et bien représentés sur le territoire afin de bénéficier d'un meilleur service après vente et d'un dialogue plus facile dans le cadre d'un partenariat.

L'aspect coût du matériel est évidemment considéré. Cependant, ce critère est pondéré en regard des autres (en particulier la fiabilité et la robustesse) car les défaillances récurrentes d'un matériel installé sur un site isolé deviennent très vite onéreuses.

3.2.2 *Qualification en laboratoire*

Les matériels sélectionnés font l'objet d'un programme conséquent de vérifications et d'essais dans des laboratoires de métrologie et d'essais :

- Vérification des caractéristiques métrologiques (respect des « exigences métier »)
- Essais de sensibilité aux grandeurs d'influence (température, hygrométrie, CEM, ...),
- Vérification des caractéristiques fonctionnelles et ergonomiques,
- Vérification du respect des normes en vigueur (sécurité, marquage CE, ...)
- Essais de robustesse (température, hygrométrie, CEM, chocs,...),
- Essais de vieillissement.

Cette phase de la qualification peut durer de quelques semaines à plusieurs mois en cas de non-conformités aux exigences. Si celles-ci ne sont pas rédhitoires, des corrections peuvent être apportées par le constructeur afin que le matériel réponde aux besoins.

3.2.3 *Qualification sur site*

A l'issue des qualifications en laboratoire, les matériels sont installés sur un ouvrage et exploités en parallèle des dispositifs déjà en place. Cette étape essentielle permet de vérifier, en conditions réelles, l'adéquation du matériel aux besoins.

La qualification d'un matériel est prononcée, en général, après une exploitation satisfaisante sur site pendant un an.

3.2.4 *Veille permanente sur les nouvelles méthodes de mesures et technologies de capteur*

En parallèle des qualifications, une veille permanente sur les nouvelles méthodes de mesures et technologies de capteurs est réalisée. A titre d'exemple, on peut citer les projets en cours suivants :

- Développement des mesures de fuite par fibre optique pour la surveillance des digues,
- Nouvelles méthodes topographiques : surveillance par GPS, interférométrie radar.

3.3 Pérennisation des matériels qualifiés

Le processus de sélection et de qualification d'un matériel représente un investissement conséquent. Il convient donc, dans la mesure du possible, de pérenniser les matériels qualifiés.

Cette approche est celle qui a été adoptée pour les matériels de la télémessure SAFTEL. Celle-ci est mise en œuvre à travers un contrat de maintenance et un contrat de gestion d'obsolescence. Ce dernier consiste à faire un suivi continu du risque de rupture d'approvisionnement des composants névralgiques au fonctionnement des matériels. En cas d'arrêt de la fabrication, un stock peut être constitué afin d'assurer la production et la maintenance du matériel sur le court terme. En parallèle, la recherche d'une seconde source, ou à défaut l'adaptation d'un composant similaire moyennant une étude, est engagée. Cette démarche est possible pour les matériels de la gamme SAFTEL pour lesquels EDF a été largement acteur du développement et se retrouve aujourd'hui l'unique client.

Pour les autres matériels, EDF met en place des marchés cadres. Ces derniers, compte tenu du volume de matériels concernés, permettent de garantir un minimum de chiffre d'affaire aux fournisseurs et contribue ainsi à leur pérennisation. Néanmoins, cette pratique n'est pas suffisante et le maintien sur le marché d'un matériel reste dépendant du volume global du marché ainsi que de la santé économique des fournisseurs concernés.

Avec les nouveaux matériels qualifiés, EDF est confronté à d'autres difficultés liées à la durée vie de plus en plus courte des composants et technologies utilisés. En effet, certains matériels, retenus à l'issue d'un long processus de qualification, ont pu se retrouver déjà obsolètes à peine déployés sur les sites. Ces matériels sont souvent remplacés par de nouveaux pour lesquels la qualification mise en œuvre sur la version précédente n'est plus applicable...

4. MAITRISE DE L'INSTALLATION DES MATERIELS D'AUSCULTATION

Pour chaque type de matériel, une procédure d'installation et de réception a été rédigée.

Ces procédures permettent de garantir l'installation de chaque matériel suivant des exigences définies et de déterminer les paramètres qui permettent de transformer la mesure en phénomène physique (dépouillement).

Le nombre restreint de types de matériels utilisés permet de faire vivre ces procédures et de les améliorer avec le retour d'expérience.

Les paramètres déterminés lors de la réception d'un dispositif sont stockés dans la base de données du logiciel KOALA et utilisées pour le dépouillement des mesures. Leur maîtrise, tout au long de la vie du dispositif, est essentielle car c'est eux qui garantissent la conversion correcte des mesures en phénomènes physiques en fonction des appareils utilisés.

5. MAITRISE DE LA REALISATION DES MESURES

5.1 Réalisation des mesures

Les mesures d'auscultation sont effectuées par les exploitants des ouvrages (hormis les mesures topographiques qui sont effectuées par la DTG).

Les agents chargés des mesures sont formés dans le cadre de stages spécifiques : génie civil des ouvrages hydrauliques, auscultation, inspection visuelle, ...

Les mesures sont réalisées suivant un mode opératoire accompagné de préconisations de maintenance de 1er niveau pour chacun des appareils.

Les mesures sont saisies sur site à l'aide d'un Terminal de Saisie Portable (TSP) dédié à l'application KOALA. Ce terminal guide l'opérateur au cours de la tournée d'auscultation. Il permet de vérifier, en temps réel, la cohérence des mesures effectuées. En outre, il permet de visualiser sous forme graphique les 50 dernières mesures (Fig. 3 et 4).



Figure 3 - TSP KOALA

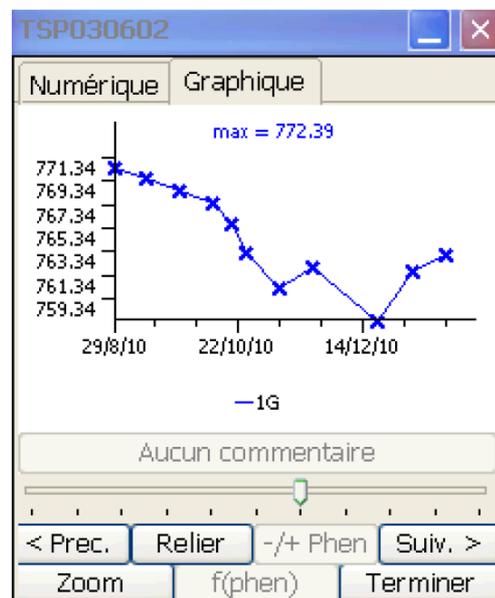


Figure 4 - Ecran du TSP KOALA

De retour au bureau, l'opérateur décharge sa tournée dans la base de données du logiciel KOALA afin de procéder au dépouillement des mesures et à leur validation.

5.2 Estimation des incertitudes de mesure

Une estimation des incertitudes de mesure a été effectuée pour la plupart des phénomènes physiques et appareils d'auscultation. Cette étude a été menée à partir d'une méthode issue de la norme NF ENV 13005 « Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure » [5] utilisée communément par les laboratoires de métrologie.

La méthode est basée, d'une part, sur le recensement le plus exhaustif possible des sources d'incertitude pouvant affecter un processus de mesure. Cet exercice nécessite une parfaite connaissance du phénomène physique, du processus de mesure, de l'appareil et du capteur utilisés afin de déterminer l'ensemble des incertitudes « types » (individuelles). D'autre part, elle guide le métrologue dans la combinaison mathématique des incertitudes types (propagation des incertitudes) dans le but d'exprimer une incertitude élargie*, représentative de la chaîne de mesure considérée.

* l'incertitude élargie est le résultat de la combinaison de l'ensemble des incertitudes types (incertitude type composée) affecté d'un facteur d'élargissement k . Ce facteur, fixé à 2 dans notre cas, permet d'obtenir un niveau de confiance de 95% (expression de l'incertitude à ± 2 écarts-type).

L'estimation des incertitudes de mesure a deux objectifs principaux :

- Démontrer que les dispositifs d'auscultation respectent bien les « exigences métier » : l'incertitude élargie d'une chaîne de mesure doit être inférieure à l'incertitude maximale tolérée ;
- Déterminer les critères de vérification métrologique des appareils (EMT : Erreur Maximale Tolérée) à appliquer lors du contrôle. Ces critères sont ajustés afin que l'incertitude élargie de la chaîne de mesure reste inférieure à l'exigence métier.

Le tableau 2 ci-après présente quelques résultats d'estimation d'incertitudes avec les critères de vérification des capteurs associés :

Grandeur physique	Exigence métier Incertitude maximale tolérée (à ± 2 écarts-type)	Appareil	Capteur	Incertitude élargie de la chaîne de mesure (à ± 2 écarts-type)	Erreur systématique	Critère de vérification du capteur (ou EMT : Erreur Maximale Tolérée)
Déplacements absolus Horizontaux Barrages béton (tous types)	± 2 mm	Pendule	Table TPV	$\pm 1,7$ mm (4 pendules) ** $\pm 1,47$ mm (3 pendules) ** $\pm 1,2$ mm (2 pendules) ** $\pm 0,85$ mm (1 pendule) **		$\pm 0,35$ mm
			TOP	$\pm 1,55$ mm (4 pendules) ** $\pm 1,35$ mm (3 pendules) ** $\pm 1,1$ mm (2 pendules) ** $\pm 0,78$ mm (1 pendule) **		$\pm 0,2$ mm
			SafteI TOP	$\pm 1,1$ mm (2 pendules) ** $\pm 0,78$ mm (1 pendule) **		$\pm 0,2$ mm
Niveaux piézométriques dans la fondation ou le corps d'un barrage	$\pm (1 \text{ m} + 4\% \text{ de la pression max. mesurée dans la chambre})$	Piézomètre	sonde à ruban	$\pm 0,15$ m (vertical) $\pm 0,2$ m (L=10m, incli. 20°) $\pm 0,3$ m (L=20m, incli. 20°) $\pm 0,6$ m (L=40m, incli. 20°) $\pm 0,7$ m (L=50m, incli. 20°) $\pm 1,4$ m (L=100m, incli. 20°)		$\pm 0,1$ m
			Manomètre	$\pm 0,5$ m (mano. $\leq 1,6$ bars) $\pm 0,7$ m (mano. 2,5 bars) ± 1 m (mano. 4 bars) $\pm 1,6$ m (mano. 6 bars) $\pm 2,7$ m (mano. 10 bars) $\pm 4,2$ m (mano. 16 bars) $\pm 6,6$ m (mano. 25 bars)		$\pm 15\%$ EM ($\leq 0,25$ bar) $\pm 10\%$ EM ($\leq 0,4$ bar) $\pm 6\%$ EM ($\leq 0,6$ bar) $\pm 4\%$ EM (≤ 1 bar)
			Tube rallonge	$\leq 0,15$ m		$\pm 0,1$ m
			Cellule CL1	$\pm 0,49$ m (cellule 2 bars) $\pm 0,86$ m (cellule 5 bars) $\pm 1,6$ m (cellule 10 bars) $\pm 3,12$ m (cellule 20 bars)	$+ 0,14$ m $+ 0,34$ m $+ 0,68$ m $+ 1,36$ m	$\pm 1\%$ EM (avec démontage) $\pm (1\text{m} + 4\% \text{ press. mesurée})$ (sans démontage)
			Cellule CLX	$\pm 0,49$ m (cellule 2 bars) $\pm 0,86$ m (cellule 5 bars) $\pm 1,6$ m (cellule 10 bars) $\pm 3,12$ m (cellule 20 bars)	$+ 0,14$ m $+ 0,34$ m $+ 0,68$ m $+ 1,36$ m	$\pm 1\%$ EM (avec démontage) $\pm (1\text{m} + 4\% \text{ press. mesurée})$ (sans démontage)
			Cellule CLX	$\pm 0,49$ m (cellule 2 bars) $\pm 0,86$ m (cellule 5 bars) $\pm 1,6$ m (cellule 10 bars) $\pm 3,12$ m (cellule 20 bars)	$+ 0,14$ m $+ 0,34$ m $+ 0,68$ m $+ 1,36$ m	$\pm 1\%$ EM (avec démontage) $\pm (1\text{m} + 4\% \text{ press. mesurée})$ (sans démontage)

Tableau 1 – Incertitudes de mesure et critères de vérification des capteurs

** l'incertitude élargie pour les mesures par pendule est donnée pour une ligne composée de 1 à 4 pendules.

6. MAITRISE DE LA VALIDATION ET DE L'ARCHIVAGE DES MESURES

Chaque mesure fait l'objet d'une validation à 2 niveaux dans l'application KOALA (cf. figure 5) :

- **1^{er} niveau : validation de la mesure par l'agent d'exploitation** qui a réalisé la tournée d'auscultation. Cette validation est faite à partir de la valeur brute de la mesure. En cas d'anomalie, l'agent peut être amené à refaire la mesure.
- **2^{ème} niveau : validation du comportement par un agent de la DTG** spécialiste en auscultation. Cette validation est tout d'abord un deuxième niveau de validation de la mesure qui est fait à partir de la valeur brute de la mesure mais aussi, le cas échéant, à partir de sa valeur ramenée à conditions identiques de cote et de saison par les modèles HST (Hydrostatique-Saison-Temps) voire EFR (Effet Retard). Dans le cas d'une valeur singulière, l'agent de la DTG peut être amené à s'interroger sur le comportement global de l'ouvrage ainsi que sur ses conditions d'exploitation : période exceptionnellement froide ou chaude, forte pluviométrie, ouvrage en crue,... La valeur n'est validée qu'une fois le phénomène expliqué et l'assurance que la sureté de l'ouvrage n'est pas mise en jeu.

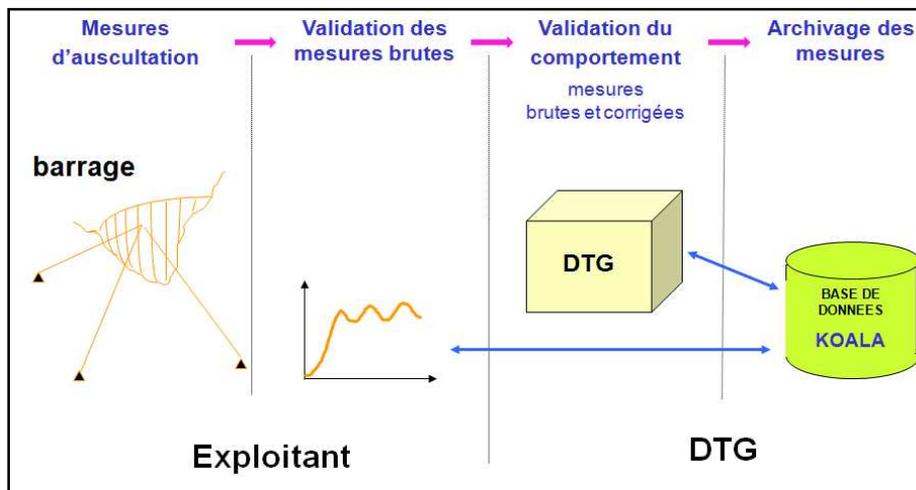


Figure 5 – Validation à 2 niveaux et archivage des mesures

Pour la validation du comportement, DTG dispose de différents outils statistiques d'aide à la décision. Ces outils permettent d'évaluer la normalité d'une mesure par rapport à l'historique mais aussi en fonction de critères propres à l'ouvrage et à chaque phénomène physique surveillé. Ces outils peuvent faire appel à des fonctions de détection de dépassement de seuil ou de gradient. Ils permettent également de comparer les mesures à des quantiles de référence ou à des bandes de dispersion de type MDV (Moyenne, Dispersion, Vitesse). Cf. figure 6 ci-après.

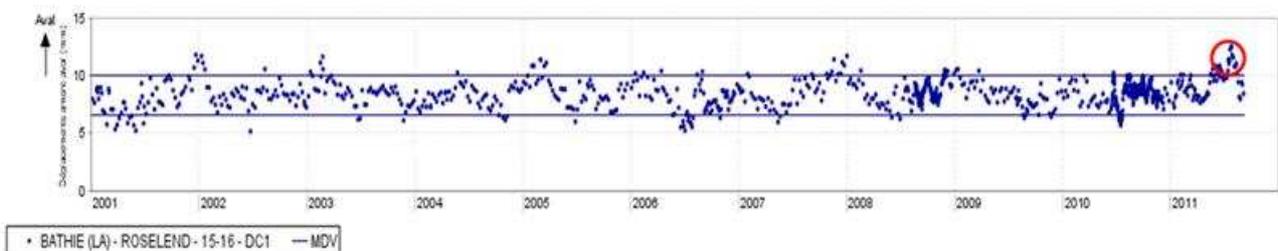


Figure 6 – Validation à l'aide d'une bande MDV

Lors de la validation, tout évènement particulier ou anomalie de mesure est tracé dans un **carnet de suivi**, par exemple : fortes précipitations avant une mesure, épisode thermique exceptionnel, fonctionnement douteux d'un appareil, ... Ces informations sont précieuses pour l'ausculteur qui surveille le comportement d'un ouvrage au quotidien ou qui rédige un rapport d'auscultation. Elles lui permettent de dissocier les erreurs de mesure de comportements inhabituels de l'ouvrage dus à des évènements d'exploitation ou météorologiques exceptionnels.

Toutes les mesures d'auscultation sont stockées et archivées dans la base de données sécurisée de l'application KOALA, accessible via le réseau intranet de l'entreprise.

6. CONTROLE PERIODIQUE DES DISPOSITIFS D'AUSCULTATION

En complément de l'entretien régulier effectué par les exploitants lors des tournées d'auscultation, un contrôle périodique des dispositifs est réalisé par DTG. Ce contrôle comporte deux volets complémentaires :

- Un « **contrôle fonctionnel** » du dispositif : il s'agit de vérifier que l'appareil d'auscultation fonctionne de manière appropriée dans son environnement et capte correctement la grandeur physique concernée (collecte d'une fuite, liberté de mouvement d'un fil de pendule, absence de fuite sur un piézomètre, ...),
- Une « vérification métrologique » des appareils et capteurs : il s'agit de vérifier que les instruments de mesure sont conformes à un critère métrologique (EMT : Erreur Maximale Tolérée) issu des «exigences métier ».

Le contrôle statue sur la conformité de chaque dispositif par rapport à des critères fonctionnels et métrologiques. Il préconise des actions d'entretien et de remise en conformité le cas échéant.

La fréquence des contrôles, initialement de 2 ans, a été calée à 4 ans pour la plupart des dispositifs suite à un retour d'expérience riche de plus de 10 années de contrôle. Seuls certains appareils ou capteurs susceptibles de dériver conservent une fréquence de 2 ans (manomètres, cellules de pression, ...).

Sur les ouvrages disposant d'une télémesure, des mesures simultanées avec les appareils manuels et automatiques sont faites périodiquement. Elles sont comparées afin de vérifier leur cohérence. Elles permettent de détecter une dérive éventuelle d'un capteur et s'assurer que l'appareil manuel et son processus de dépouillement sont bien opérationnels en cas de défaillance de la télémesure.

CONCLUSIONS

La constitution d'une base de données d'auscultation de qualité exige l'application d'une démarche rigoureuse. EDF, en charge de la surveillance d'un nombre important d'ouvrages de génie civil, a défini et mis en place une politique et une organisation qui permettent d'atteindre cet objectif.

La maîtrise de la qualité des mesures d'auscultation est essentielle pour assurer la surveillance des ouvrages et élaborer des diagnostics pertinents de leur comportement.

GLOSSAIRE

DTG (Division Technique Générale) : unité d'ingénierie d'EDF.

SAFTEL (SAFety TELeasurement) : télémesure d'auscultation développée et utilisée par EDF.

KOALA : application dédiée à l'auscultation des ouvrages de génie civil, développée et utilisée par EDF.

REFERENCES

[1] Norme ISO 9001. Management de la qualité.

[2] Comité suisse des barrages (2005). Dispositif d'auscultation des barrages – Concept, fiabilité et redondance.

[3] CIGB 2000, Bulletin 118. Système d'auscultation automatique des barrages.

[4] IECS 2010, J.Sausse. Automated dam monitoring - 25 years of experience at EDF.

[5] Norme NF ENV 13005 (édition 1999). Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure.