

LA VANTELLERIE ET LE CONTROLE-COMMANDE DANS LES RAPPORTS REGLEMENTAIRES POUR LA SURETE DES BARRAGES : EVOLUTIONS ET BONNES PRATIQUES

Hydromechanical equipment and Control-Command system in the legal deliverables required for the safety of French dams : developments and best practices

Arnaud LE PEILLET, Florian CHAMPIRÉ, Guirec PREVOT, Florent BACCHUS, Stéphan AIGOUY
Pôle National de la Sécurité des Ouvrages Hydrauliques (PoNSOH), 17 bv Joseph Vallier 38 100 Grenoble
arnaud.le-peillet@developpement-durable.gouv.fr

MOTS CLEFS

Barrage, Vantellerie, Contrôle-commande, Étude de Dangers (EDD), Examen Exhaustif (EE), Rapport de surveillance, Visite technique approfondie (VTA).

KEY WORDS

Dams, hydromechanical equipment, control and command systems, Safety Review Risk assessment (SaRRA), detailed inspection, technical visit.

RÉSUMÉ

La réglementation Française pour la sûreté des barrages précise notamment les contenus attendus dans les études de dangers (EDD) des barrages, ainsi que les différentes obligations documentaires et la consistance des vérifications et visites techniques approfondies (VTA) des ouvrages hydrauliques autorisés ou concédés devant être réalisées par le responsable de l'ouvrage.

L'article s'attache à montrer à travers certaines bonnes pratiques comment les organes de vantellerie et du contrôle-commande sont intégrés à ces livrables réglementaires ; ce qui a permis d'aboutir à une meilleure connaissance de leur état de fonctionnement et de justifier leurs niveaux de sécurité.

ABSTRACT

The French regulations for the safety of dams specify the expected contents in the Safety Review Risk Assessment (SaRRA) of dams, as well as the various documentary obligations and the scope of detailed inspections and visits of authorized or concessioned hydraulic structures to be carried out by the responsible of the dam.

This article aims to demonstrate, through certain best practices, how the hydromechanical and control-command equipments are integrated into these regulatory deliverables, leading to a better understanding of their operational state and justifying their levels of safety.

1. INTRODUCTION

Au sein de l'administration, les Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) assurent, sous l'autorité du préfet de département et avec un appui technique du PoNSOH et de l'INRAE, la mission de contrôle de la sécurité des ouvrages hydrauliques (CSOH) sur les barrages. À ce titre, les inspecteurs contrôlent (i.e. réceptionnent, examinent et évaluent) les rapports réglementaires (documents transmis périodiquement par les responsables de barrages pour répondre à leurs obligations réglementaires). Le but de ce contrôle est de vérifier que les responsables d'ouvrages connaissent et maîtrisent les risques liés à leurs ouvrages.

Les barrages dotés d'un évacuateur de crues vanné représentent plus d'un tiers des quelque 600 barrages de classes A & B du parc français. Quasi-tous possèdent également des dispositifs de vidange, impliquant de la vannerie et du contrôle-commande. La démocratisation de la mise en place d'un contrôle-commande pour l'exploitation des barrages vannés a permis d'automatiser un grand nombre de tâches et de superviser à grande échelle l'état de fonctionnement des barrages et chaînes de production. Pour autant, le retour d'expérience tiré des événements d'accidentologie et incidentologie des barrages en France et dans le monde souligne l'importance des enjeux de sûreté associés à la vannerie et son contrôle-commande. L'ensemble de la profession, les responsables d'ouvrage, les exploitants, les bureaux d'études agréés et l'administration, doit capitaliser et tirer les leçons de ce retour d'expérience et mettre en place les bonnes pratiques permettant d'exploiter les barrages en toute sécurité.

Depuis le dernier colloque du CFBR de 2015, la réglementation pour la sécurité des barrages s'est étoffée précisant notamment un nouveau plan et le contenu des études de dangers (EDD) des barrages[1] dont la principale nouveauté est l'intégration à l'étude de dangers de la démonstration du respect des exigences de l'arrêté technique barrage[2], ainsi qu'en précisant les obligations documentaires et la consistance des vérifications et visites techniques approfondies (VTA) des ouvrages hydrauliques autorisés ou concédés[3].

2. LE PERIMETRE DU CONTROLE-COMMANDE ET DE LA VANTELLERIE

Le contrôle-commande comprend l'ensemble des systèmes qui effectuent, automatiquement ou non, les mesures et leur traitement afin d'assurer la régulation et la protection d'une installation. Au moins quatre types de fonctions sont effectués par ces dispositifs :

- la prise d'information, par la réalisation de mesures (mesures de cotes, de positions de vannes, de détection d'une cote seuil par exemple) ;
- la transmission de l'information par les systèmes de télécommunications : téléphonie, fibre optique, Wi-Fi, ... ;
- le traitement de l'information : entrée d'une donnée d'information, traitement, sortie d'une donnée correspondant à un ordre. Cette mission est réalisée par les automates (et pré-actionneurs), des outils numériques, mais aussi par des interventions humaines ;
- l'alimentation en énergie qui permet à ces systèmes de fonctionner.

Nous définissons la vannerie comme tous les organes hydromécaniques (y compris leur actionneur) intervenant dans la gestion de l'aménagement en exploitation courante et en crue (vannes, clapets, vérins, centrale oléo-hydraulique, treuils, câbles, chaînes,atardeaux, grilles et ouvrages de protection contre les embâcles, dispositifs fusibles, fonds pleins, etc.).

3. RETOUR D'EXPERIENCE DE L'ACCIDENTOLOGIE ET INCIDENTOLOGIE

Depuis la mise en œuvre de l'arrêté du 21 mai 2010[4], le Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels (BARPI) renseigne sur la base ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents) les événements importants pour la sécurité hydraulique (EISH). Depuis 2017, 77 nouveaux événements liés à la vannerie et/ou le contrôle commande ont été enregistrés dont 9 sont des EISH de couleur orange (incidents graves).

3.1.Vantellerie

En France, les événements les plus marquants depuis le dernier colloque de 2015, sont probablement la rupture du clapet du barrage de la commune de Vichy (aria 57527 – 28/06/2021) et la rupture de la vanne segment du barrage situé sur la commune de Fumel (aria 55435 – 03/01/2020).

Le clapet de Vichy (Figure 1) d'une longueur de 29,5 m, était manœuvré sur une seule rive. Compte tenu de l'état des sept clapets équipant le barrage, le responsable d'ouvrage avait entrepris des travaux. La rupture du clapet est survenue quelques semaines avant son batardage, en vue de son remplacement. A posteriori, l'étude du clapet relève une diminution d'épaisseur de la tôle de bordée en amont du clapet, au niveau de la localisation de la déchirure. L'intégration des pertes d'épaisseurs montre le dépassement de la limite élastique du clapet conduisant à son voilement.

La vanne segment du barrage de Flumel (Figure 2) a rompu lors de la décrue. Alors que l'abaissement automatique d'une des vannes segments du barrage est enclenché, celle-ci se met en défaut. L'exploitant constate une rupture au niveau des bras reliant le tablier et l'axe de rotation de la vanne. La partie inférieure du tablier a reculé sous l'effet du flambement des bras de la vanne. Le défaut d'étanchéité important qui en résulte entraîne la vidange progressive du plan d'eau amont.



Figure 1 : Rupture d'un clapet le 28/06/2021. Crédit : Dominique LENNE- DREAL Aura



Figure 2 : Rupture d'une vanne segment. Crédit : Stéphan AIGOUY - PoNSOH

Ces deux événements mettent en évidence l'intérêt des examens visuels exhaustifs, des diagnostics et si nécessaire des mises à jour des notes de calculs afin de mettre en sécurité les aménagements lorsque que des insuffisances importantes sont constatées.

3.2.Contrôle-Commande

La rupture d'une porte d'écluse sur la commune de Sablons en 2020 (aria 55160) a montré toute l'importance de la fiabilité du contrôle-commande pour assurer la sécurité des ouvrages hydrauliques. Le 18 février 2020, un bateau s'engage sans heurt dans l'écluse. Le cycle d'éclusage est lancé. L'ensemble des automatismes détecte la porte aval fermée alors qu'il existait un jeu jusqu'à 40 cm par rapport à la situation nominale non détecté par les capteurs. Ce blocage a pu être engendré par la présence d'un objet flottant. L'automate autorise le remplissage du sas. Alors que le sas est rempli d'eau au 2/3 (environ 8 m de hauteur d'eau), le 2^{ème} et probablement le 3^{ème} caisson en partant du haut de la porte s'effacent. Le bateau est expulsé du sas en arrachant le caisson haut de la porte (23t).

Un autre événement sur un barrage en Ariège le 16 mai 2020 (aria 59670) illustre l'importance de la fiabilité de l'automate d'ultime secours. Une perte de courant sur le réseau principal provoque l'arrêt du groupe et le passage en mode ultime secours. Une seule poire de niveau haut s'actionne sur les 3, conduisant à l'absence de diffusion d'alarme urgente (nécessité du déclenchement de 2 poires sur 3) ; ce qui n'a pas permis à l'exploitant d'intervenir pour limiter la montée du plan d'eau, dépassant la RN de 65cm.

La Norvège a connu le 09/08/2023 ; une rupture d'un barrage lié à un état de crue important et une exploitation d'ouvrage inadaptée. En effet, de par son ampleur, la tempête Hans a touché plusieurs ouvrages contrôlés par le même exploitant. Les remontées d'alarme au centre de commande étant trop importantes, la situation véritablement à risque n'a pas pu être relevée par l'agent. L'ordre de déplacement de l'exploitant sur place n'a pas été transmis et l'ouverture en locale n'a pas pu être réalisée. Les débits importants dans la rivière Glåma n'ont pu être évacués. La cote du plan d'eau s'est exhaussée, jusqu'à la surverse du remblai de fermeture ce qui a conduit à sa rupture.

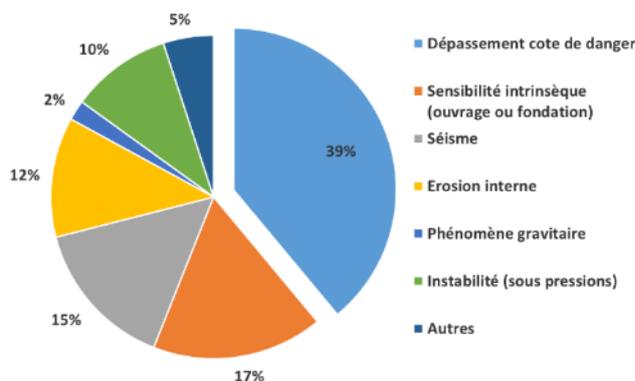
Ces événements montrent l'importance des vérifications périodiques du bon fonctionnement des organes de sécurité incluant des tests sur la chaîne complète du contrôle commande.

4. ENSEIGNEMENTS DES ETUDES DE DANGERS

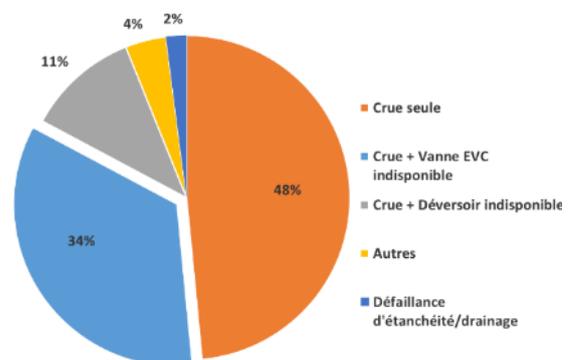
Le PoNSOH et l'INRAE ont tenu une base de données internes sur les résultats des EDD de barrages de première génération. Des premiers résultats avaient été affichés dans un article lors du premier colloque sur la vannerie et le contrôle commande du CFBR[5]. La base de données s'appuie désormais sur environ 500 EDD. Les résultats sont riches d'enseignements.

Cette base de données permet d'identifier les scénarios les plus probables pouvant mener à la rupture de l'ouvrage. Cette base de données est uniquement alimentée par les résultats des EDD, c'est-à-dire sur la base des informations et analyses de risques fournies par les responsables d'ouvrages. Les observations portées par les DREAL qui ont conduit à des modifications dans la construction des scénarios ou leurs quantifications ne sont pas prises en compte.

La cause de rupture principale identifiée par les études de dangers est une rupture du barrage par dépassement de la cote de danger (39 % des cas étudiés). Parmi ces cas, ne se retrouvent pas uniquement des ruptures par exhaussement du plan d'eau par crue naturelle (crue seule – 48 %) mais aussi la combinaison d'une défaillance de la fonction d'évacuation des crues et d'une crue pour 34 % des cas. Si on ne s'intéresse qu'aux barrages possédant des vannes d'évacuation des crues, le scénario de concomitance d'une crue et d'une défaillance de vannes est dans 40 % des cas le scénario de rupture le plus probable.

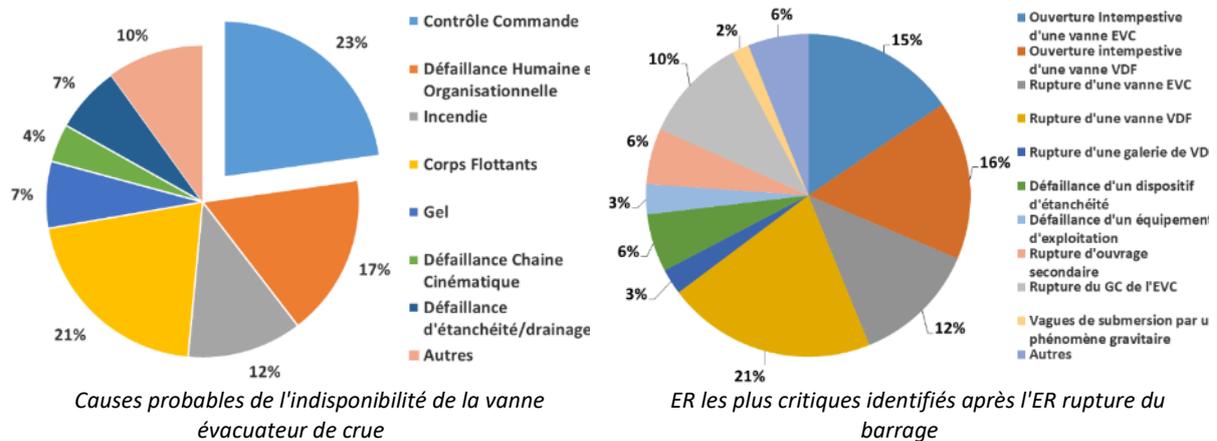


Causes probables de rupture des barrages dans les EDD



Causes probables du dépassement de la cote de danger dans les EDD

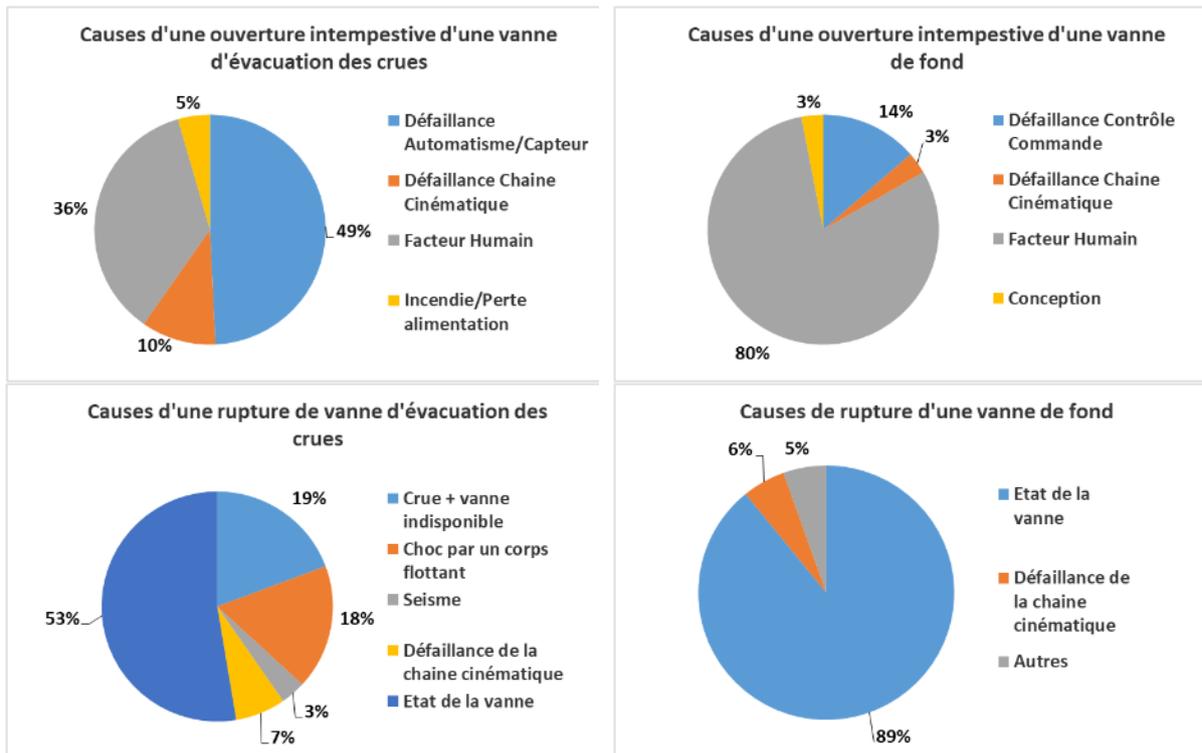
Il est donc intéressant d'identifier les causes provenant du contrôle-commande et de vannerie dans ces cas de ruptures par dépassement de la cote de danger. Le graphique ci-après montre que la défaillance des vannes évacuatrices des crues est due dans 23 % à une défaillance du contrôle-commande. On notera aussi que 12 % des cas concernent le développement d'un incendie (appel de puissance au moment de manœuvrer les organes). Ce point a conduit certains responsables d'ouvrages à déployer des examens spécifiques de contrôle des échauffements dans les armoires de puissance par thermographie.



La base de données s'est aussi intéressée aux défaillances les plus critiques après la rupture du barrage. Ces défaillances font intervenir la vannerie de façon très majoritaire. Deux types de scénarios sont principalement identifiés comme critiques après la rupture du barrage. En combinant les dispositifs d'évacuation des crues et les dispositifs de vidange, ce sont : « les ouvertures intempestives » pour 31% des cas et « les ruptures » pour 33 % des cas.

En analysant plus précisément les causes de ces défaillances, on peut indiquer que :

- les ouvertures intempestives d'une ou plusieurs vannes d'évacuateurs de crue auraient pour origine une défaillance du contrôle-commande pour la moitié des cas et des raisons humaines pour un tiers ;
- les ruptures d'une vanne d'évacuation des crues identifiées seraient générées majoritairement par leurs états dégradés (plus de la moitié) mais aussi suite à une non-ouverture de la vanne en crue (19 %) et des chocs avec des corps flottants (18 %). Il faut aussi noter que la rupture du bloc génie civil de l'évacuateur de crue (suite à une non ouverture des vannes de crue) est identifiée (10 %) dans les événements redoutés les plus critiques ;
- les organes d'évacuation des crues font l'objet d'une maintenance plus attentive que les organes de vidange de fond. C'est pourquoi, les causes de ruptures identifiées des vannes de vidange de fond sont induites par leur mauvais état (89 %). Les ouvertures intempestives de ces dispositifs de vidange sont quant à elles générées majoritairement par des erreurs humaines (80 %). En effet, la manœuvre de ces organes est souvent plus rustique (moins de contrôle-commande et chaîne cinématique plus simple), faisant reposer ainsi sur l'opérateur la plus importante source de défaillance ;
- outre les ruptures et ouvertures intempestives d'organes de sécurité ou des ouvrages génie-civil des EVC, les dispositifs d'étanchéité (bouchon béton, fond plein...) représentent 6 % des scénarios identifiés.



Synthèse des différentes causes menant aux événements redoutés les plus critiques après la rupture du barrage

Fort de ces enseignements, on peut constater que le travail d'identification des causes est encore parcellaire. En effet, dans les études de dangers de premières générations, l'analyse s'est souvent arrêtée à l'échelle des « composants », la réglementation demande désormais d'approfondir l'analyse afin de mettre en exergue les causes profondes de la défaillance au-delà de l'affichage d'une cause très englobante comme « défaillance du contrôle-commande ».

Les études de dangers de premières générations ont mis également en évidence les conséquences liées aux défaillances du contrôle-commande et de la vannerie. La réglementation demande désormais au travers de l'item 24 et 25 de l'arrêté technique barrage de s'intéresser à la justification de ces scénarios.

5. L'INTEGRATION DU CONTROLE-COMMANDE ET DE LA VANTELLERIE DANS LES LIVRABLES REGLEMENTAIRES

5.1. Analyse fonctionnelle de l'ouvrage et de son environnement dans les EDD

L'arrêté du 3 septembre 2018 modifiant l'arrêté du 12 juin 2008 définissant le plan de l'étude de dangers des barrages et des digues précise, dans le paragraphe 2 de l'annexe, le périmètre de l'étude qui inclut de façon explicite les systèmes de contrôle-commande et, dans le paragraphe 3, la description de l'ouvrage sous les aspects vannerie et de tous les aspects du contrôle-commande.

Les responsables d'ouvrages accompagnés de leurs bureaux d'études agréés, dans les nouvelles versions des études de dangers, commencent désormais à bien intégrer ces exigences, et le contrôle-commande est majoritairement inclus dans l'analyse fonctionnelle du barrage.

La présentation de l'architecture du contrôle-commande et de l'alimentation électrique associée à la liste des capteurs et alarmes pour les différents modes d'exploitation (ex : Automate Programmable de Barrage, Automate de Sauvegarde, manuel-distant, manuel-local) offre une vision globale et exhaustive du fonctionnement des organes de vantellerie et leur contrôle-commande. Cette description permet entre autres d'identifier les modes communs de défaillance (un seul automate commun à plusieurs EVC par exemple), l'identification des alarmes nécessitant un acquittement du barragiste, et la hiérarchisation des modes de fonctionnement (mode manuel, parfois prioritaire sur l'AS par exemple).

Les organes de vantellerie sont généralement bien décrits même si du fait de l'ancienneté de certains organes les plans ne sont pas forcément disponibles justifiant parfois des travaux de topographie pour s'assurer de leurs géométries (altimétrie du seuil par exemple) et de leur dimension à pleine ouverture (couteau inférieur d'une vanne segment par exemple). Ces opérations peuvent aussi être l'occasion de vérifier le calage des capteurs de position et les algorithmes associés. Une bonne pratique des bureaux d'études agréés rédigeant ces EDD est de fournir un tableau de conversion entre les valeurs des codeurs (angle en ° ou mA par exemple) et la mesure physique associée (hauteur d'ouverture de la vanne en m par exemple) à partir des documents de l'exploitant.

5.2.L'Examen Exhaustif (EE) - Les organes hydromécaniques

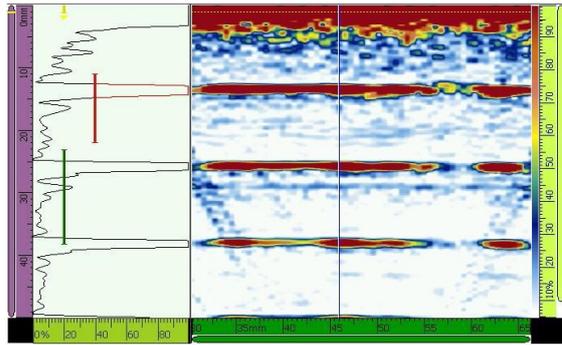
Les vérifications et investigations, en ce qui concerne les organes de vantellerie, sont aujourd'hui mieux maîtrisées et certains exemples de bonnes pratiques méritent d'être soulignés.

L'examen visuel à sec reste bien souvent pour les responsables d'ouvrage la première étape du diagnostic des organes hydromécaniques pour autant qu'ils puissent être mis hors d'eau ou batardés. Le contrôle va permettre la détection de tout défaut débouchant en surface si tant est que ce contrôle ait été organisé, formalisé et réalisé de façon exhaustive par un sachant. Une bonne pratique consiste à disposer de formulaires de contrôle préalablement établis par un expert du domaine, très détaillés et accompagnés de plans ou check-list d'un même composant pour chaque item d'inspection. Un tel niveau de détail garantit une grande finesse de rendu parfaitement explicite et comparable pour les prochains examens (et a minima pour le prochain examen exhaustif) et témoigne d'une attention la plus exhaustive possible à toute nature de vrais désordres ainsi que de leurs précurseurs.

Pour le cas d'organes sous eau non-batardables, si des inspections subaquatiques sont tentées, les images peinent cependant à restituer leur complexité structurelle et donc à en permettre leur évaluation. Dans de tels cas, des démontages ont pu être réalisés en ajustement au calendrier de maintenance pour préciser à posteriori l'avis du bureau d'étude agréé. Les maintenances plus ou moins lourdes de certains organes et actionneurs doivent aussi être valorisées, car il s'agit d'occasions uniques de rendre compte de l'état de certaines pièces ou pratiquer des analyses spécifiques. Le délai de validité des examens exhaustifs est de 36 mois ce qui permet dans beaucoup de cas d'intégrer ces maintenances aux échéanciers réglementaires. Il reste également, sur justification, la possibilité d'étendre cette période.

Les procédés de contrôle non-destructif (CND) se sont largement démocratisés (NF EN ISO 16809 - Essais non-destructifs - Mesurage de l'épaisseur par ultrasons par exemple) et doivent utilement compléter le premier examen visuel. Ces CND permettent la détection de discontinuités internes et perte de matière non-détectable à l'œil nu et de comparer les épaisseurs résiduelles des aciers à leur épaisseur d'origine. Les rendus des examens exhaustifs peuvent ainsi être homogénéisés et objectivés.

Ce contrôle visuel et utilisant les CND doit être étendu à toute la chaîne cinématique de l'organe (bras de levier, pivots, galets, ...) et pas seulement à la seule structure de la vanne.



Zone de mesure	Observations	e1 (mm)	e2 (mm)	e3 (mm)	e4 (mm)	e5 (mm)	e min (mm)	e moy (mm)	écart type e
1	Renfort horizontal	12.4	12.4	12.5	12.5	12.3	12.3	12.4	0.1
2	Renfort horizontal	12.1	12.0	12.1	12.2	12.2	12.0	12.1	0.1
3	Renfort horizontal	13.0	13.0	13.1	13.2	13.1	13.0	13.1	0.1
4		14.8	14.9	14.8	14.9	14.9	14.8	14.9	0.0
5		15.1	15.0	15.2	15.1	15.2	15.0	15.1	0.1
6	Tôle chanvrée	13.6	13.7	13.8	13.7	13.6	13.6	13.7	0.1
7		14.6	14.5	14.6	14.7	14.8	14.5	14.6	0.1
8		15.2	15.1	15.2	15.2	15.1	15.1	15.2	0.1
9		15.1	15.0	15.0	15.2	15.1	15.0	15.1	0.1
10	Renfort horizontal	12.3	12.2	12.1	12.3	12.3	12.1	12.2	0.1

Exemple de mesures d'épaisseur localisées et mesures par multiéléments (Société Abcyss)

L'ensemble de ces examens viendront alors concrètement alimenter le bilan de conception attendu dans les études de dangers.

5.3.L'Examen Exhaustif (EE) - Le contrôle-commande

Malgré les progrès faits sur la description du contrôle-commande, les diagnostics exhaustifs peinent toujours à rendre compte d'une image fidèle et à jour des différentes fonctionnalités. Les différents éléments composant le système contrôle-commande doivent être contrôlés à la fois spécifiquement, mais aussi sur leur chaîne de fonctionnement globale.

Conformément aux prescriptions des fournisseurs, le calage des capteurs et la vérification de la non-dérive de la mesure doivent être régulièrement contrôlés et être intégrés à l'examen exhaustif. Les exploitants s'appuient notamment sur les mesures visuelles aux échelles limnimétriques pour vérifier la cohérence des mesures de niveau d'eau. De même, les réglottes de positions des vannes permettent un contrôle régulier et continu lors des manœuvres de la correcte information du niveau d'ouverture en comparaison de celle fournie par les capteurs et l'algorithme de l'automate.



Echelle limnimétrique et réglotte de position d'une vanne de surface – Barrage de La Barthe (photos PoNSOH)

Le retour d'expérience des incidents et accidents sur le contrôle-commande montre la sensibilité de ces systèmes au risque d'incendie. Les analyses fonctionnelles et les contrôles systématiques des connectiques de câblage, des protections thermiques des moteurs et des contrôles par thermographie des armoires électriques durant les examens exhaustifs se sont ainsi généralisés et ont permis de mieux apprécier ce risque d'incendie sur les ouvrages.

Les automates programmables de conduite des barrages (APB) restent peu décrits et les algorithmes non détaillés. Certains responsables d'ouvrage ont mis au point des bancs d'essais de leurs automates qui leur permettent de tester les réponses des algorithmes à différents scénarios notamment dans des plages de fonctionnement extrême.

Ces premiers contrôles par fonctions unitaires ne sont pourtant pas suffisants et les examens exhaustifs doivent être l'occasion d'un contrôle sur site de toute la chaîne du contrôle-commande. Les tests de la chaîne complète d'un dispositif de sécurité sont d'ailleurs une exigence réglementaire demandée par l'arrêté du 8 août 2022[6]. Des tests sur les automates de sauvegarde (basculement des poires de niveau par exemple et vérification des alarmes et mouvement des organes) sont par exemple régulièrement réalisés par le responsable d'ouvrage lors des inspections du SCSOH et méritent d'être intégrés aux examens exhaustifs. Certains responsables d'ouvrages ont aussi mis en place des procédures de tests sur les chaînes des APB en défaussant les mesures de certains capteurs.

La cybersécurité devient un sujet de préoccupation de plus en plus prégnant et les responsables d'ouvrages s'organisent aujourd'hui pour faire réaliser des audits des risques numériques sur leur parc d'ouvrages. Pour accompagner cette démarche, l'Agence Nationale de la sécurité et des systèmes d'Information (ANSSI) a par exemple publié une méthode « EBIOS Risk Manager » d'appréciation et de traitement des risques numériques.

5.4. Le bilan de conception

Le bilan de conception doit permettre d'établir les situations de danger au-delà desquelles la stabilité de l'organe de vantellerie n'est plus garantie. Ce bilan s'appuie si nécessaire sur des notes de calcul mises à jour au regard de l'état de l'ouvrage tel que décrit par l'examen exhaustif.

Compte tenu de la complexité de certaines structures triangulées, et des schémas de transfert de charge, la bonne compréhension du fonctionnement mécanique de la structure et sa chaîne cinématique est un prérequis essentiel à la proportion et à la pertinence des constats réalisés et des re-calculs potentiellement nécessaires.

Les notes de calculs fournies dans le cadre des études de dangers sont rares, principalement en raison de l'ancienneté des équipements, qui n'ont pas toujours bénéficié d'archives suivies. Mais il existe des contre-exemples vertueux. Si des re-calculs par éléments finis suivant les règlements récents (ex : DIN 19704) sont peu nombreux, lorsqu'ils sont réalisés, sont doublements opportuns. En effet, ils apportent une idée précise des marges initiales et donc du taux de dégradation tolérable en continuant de respecter le facteur de marge prévu. De plus, ils révèlent les fragilités de la conception initiale méritant un suivi plus scrupuleux (notamment lors de l'EE), voire nécessitant des renforcements rarement pré-identifiés par de précédentes expertises (ex : EDD de première génération) témoignant ainsi de la difficulté à mener une expertise exhaustive.

On peut aussi noter une démarche intéressante, sur la base de calcul rapide de résistance des matériaux en mobilisant le dire d'expert et en s'appuyant sur les résultats de l'examen exhaustif. Ce type de démarche est un premier élément de justification qui permet au bureau d'études de se prononcer sur la sécurité de l'organe et au besoin d'identifier la nécessité d'approfondir les justifications (cf. ci avant) voire de le conforter.

Les éléments de justification du dimensionnement des chaînes cinématiques sont encore plus rares avec des écarts très significatifs entre les règlements de calculs de levage pris en référence pour la conception d'un organe neuf et l'absence quasi systématique de référence à ces référentiels sur les ouvrages existants. Il existe là une marge de progrès, d'autant plus significative lorsqu'il s'agit de barrage capacitif rarement à cote de la Retenue Normale (RN) où les efforts de manœuvre à RN ne sont presque jamais testés.

5.5. Surveillance, auscultation et vérifications périodiques

Le retour d'expérience des incidents et accidents présenté ci-avant a montré l'importance des tests réguliers des organes de vantellerie et leur contrôle-commande au plus proche des conditions d'exploitation et sur l'entière de la chaîne. Ce REX souligne aussi la criticité d'éléments souvent négligés tels que goupilles ou brimbales ou rarement inspectés (pivot/axe) en dépit des concentrations d'efforts qu'ils supportent et d'un âge souvent respectable des pièces métalliques dont les techniques de forges ont pu évoluer.

L'Arrêté du 8 août 2022, pour les ouvrages hydrauliques, précise les obligations documentaires à établir et à mettre en œuvre par le responsable d'ouvrage ainsi que la consistance des vérifications, essais et visites techniques approfondies mentionnées à l'article R.214-123 du Code de l'Environnement.

Le document d'organisation (section 2 de l'arrêté) permet ainsi au responsable de l'ouvrage de décrire les modalités de réalisation des essais, leur fréquence et de les intégrer à son planning de gestion. Ce travail permet aussi au responsable d'ouvrage de s'assurer de la cohérence de l'entretien qu'il prévoit et du suivi des prescriptions des fournisseurs de matériels. Ces fournisseurs conseillent par exemple un nettoyage et un contrôle de calibration des mesures de niveau et de position au moins une fois par an. Aussi, une bonne pratique est de tester en prévention de l'imminence des crues, le bon fonctionnement des évacuateurs (décollement de vannes par exemple). Cela permet à l'exploitant d'envisager la crue avec plus de sérénité et en cas de défaut de pouvoir remédier à celui-ci, évitant ainsi de devoir le gérer pendant la crue et de se retrouver dans des situations critiques.

L'article 9 de cet arrêté explicite les attentes des vérifications du bon fonctionnement des organes de sécurité couvrant notamment les organes de vantellerie et le contrôle-commande. Les rapports d'essais fournis aux inspecteurs du SCSOH par les responsables d'ouvrage citent, pour la plupart, des informations pertinentes comme les dates d'essais et principaux paramètres discriminants mesurés (Ex: temps de manœuvre, voire pression ou intensité) ainsi que les constats les plus évidents (corrosion ou fuites de fluides ou fuites d'eau retenue, dérive d'un capteur) illustrés d'une photo. Des formules plus laconiques "bon état", "fonctionnel" ou "ok" sont en soit insuffisantes pour convaincre, à elles seules, du bon fonctionnement de l'organe. Elles méritent donc d'être accompagnées d'une synthèse des paramètres clés observés - ou recherchés et non constatés pour les défauts - qui ont forgé la confiance de l'auteur, d'autant qu'il arrive que ce type de travail est réalisé, mais non-valorisé par le responsable d'ouvrage dans ses exercices de démonstration de la maîtrise de la sécurité de son ouvrage.

Les opérations de maintenances sont enregistrées dans le registre de l'ouvrage. Une bonne pratique conseillée en inspection est de référencer et de stocker les fiches détaillant ces opérations (pièces d'usures remplacées, analyses ou tests effectués, nettoyage, graissage, ...). Le renseignement de ces fiches, mettant en lumière le précieux travail d'entretien de l'ouvrage, gagnerait à être systématique et participerait aisément à une partie de la justification du bon fonctionnement des organes de sécurité.

6. CONCLUSION

Dans une communauté initialement composée essentiellement de génie-civiliste, les EDD et les retours d'expérience des accidents ont montré la nécessité d'une approche multidisciplinaire pour justifier de la sécurité des barrages. Cette approche n'est possible qu'en s'intéressant à la vantellerie et le contrôle-commande des barrages.

Par son regard intégrateur, la mission d'appui technique aux services de contrôle est témoin de cette prise de conscience de la profession et de la montée en compétences sur ces domaines. Exploitant, bureaux d'études et responsables d'ouvrages ont identifié et intégré la nécessité d'approfondir les connaissances sur ces équipements et sur les fonctions qu'ils réalisent pour en maîtriser les risques associés. S'il existe encore des marges de progrès, les quelques bonnes pratiques évoquées dans cet article devraient guider l'ensemble de la profession pour s'inscrire dans une démarche d'amélioration continue et commune des problématiques.

Notre article ne s'est intéressé qu'aux barrages. Mais les dispositifs de vantellerie et contrôle-commande revêtent aussi une importance particulière dans les ouvrages de protection contre les inondations (batardeau, système de vannage pour l'inondation de casier, pompe de relevage,...) et conduites forcées.

REMERCIEMENTS

Remerciements aux inspecteurs pour la sécurité des ouvrages hydrauliques et l'Inrae pour les informations fournis qui ont permis d'établir la base de données internes sur les résultats des EDD de barrages de première génération.

Remerciements à la société Abcyss pour l'autorisation d'utilisation des illustrations des investigations de mesures d'épaisseur localisées et mesures par multiéléments.

RÉFÉRENCES ET CITATIONS

- [1] Arrêté du 3 septembre 2018 modifiant l'arrêté du 12 juin 2008 définissant le plan de l'étude de dangers des barrages et des digues et en précisant le contenu
- [2] Arrêté du 6 août 2018 fixant des prescriptions techniques relatives à la sécurité des barrages
- [3] Arrêté du 8 août 2022 précisant les obligations documentaires et la consistance des vérifications et visites techniques approfondies des ouvrages hydrauliques autorisés ou concédés
- [4] Arrêté du 21 mai 2010 définissant l'échelle de gravité des événements ou évolutions concernant un barrage ou une digue ou leur exploitation et mettant en cause ou étant susceptibles de mettre en cause la sécurité des personnes ou des biens et précisant les modalités de leur déclaration
- [5] La vantellerie et le contrôle-commande dans les livrables réglementaires : la vision des services de contrôle et leur appui technique. Guirec Prevot (BETCGB), Cécile Schriqui, Romain Cloix (DREAL RHONE-ALPES), Simon Dieudonne, Patrice Meriaux IRSTEA)
- [6] Arrêté du 8 août 2022 précisant les obligations documentaires et la consistance des vérifications et visites techniques approfondies des ouvrages hydrauliques autorisés ou concédés