

GESTION D'ACTIFS VANTELLERIE : PRIORISATION DES INTERVENTIONS DE MAINTENANCE DE REMISE EN ETAT GENERAL

Framed water gate Asset Management : Prioritizing maintenance work to restore general condition

Philippe GUILLEUX

Compagnie Nationale du Rhône 2 rue André Bonin 69004 Lyon

p.guilleux@cnr.tm.fr

MOTS CLEFS

Vannes charpentées, gestion d'actifs, investissements, analyse des causes, fiabilité, défaillance, REX.

KEY WORDS

Framed water gate, asset management strategy, investments, root cause analysis, reliability, failure, Return on Experience.

RÉSUMÉ

Le parc d'équipements « vantellerie » exploité par la Compagnie Nationale du Rhône est constitué de plus de 200 actifs dont principalement des vannes charpentées wagon ou segment en acier assurant le fonctionnement des barrages mobiles aménagements hydroélectriques.

La démarche décrite ci-après a pour finalité d'aider à « objectiver » la priorisation des travaux de maintenance lourde au sein d'une même famille d'équipements. Cette méthodologie utilisée par la Maîtrise d'Ouvrage est basée sur la méthode d'analyse de la fiabilité RCM2/RCMII/de John MOUBRAY. Cette démarche est associée aux analyses fonctionnelles provenant du terrain par les exploitants et des états des lieux des actifs réalisés avec les différentes entités dont la Gestion d'Actifs-Maîtrise d'Ouvrage collaborant au sein de la Compagnie Nationale du Rhône.

ABSTRACT

The framed water gates equipment operated by the Compagnie Nationale du Rhône consists of more than 200 assets, structural steel gates (wagon or segment) used in the operation of mobile dams and hydroelectric power plant.

The approach described below is intended to help "objectify" the prioritization of heavy maintenance work within the same family of equipment. The methodology used by the project owner is based on the RCM2/RCMII/John MOUBRAY reliability analysis method. This approach is combined with functional analyses carried out in the field by the operators and asset inventories carried out with the various entities, including Asset Management-Project Owner, working together within the Compagnie Nationale du Rhône.

1. INTRODUCTION

L'élaboration des scénarios d'investissement dans le secteur hydroélectrique nécessite une vision à long terme et plus particulièrement dans le secteur de rénovation des vannes de barrage mobile.

Les investissements sont importants, les coûts d'intervention en maintenance lourde ont augmenté considérablement récemment.

Le but de la méthode est de clarifier les éléments d'appréciation permettant de décider si une intervention lourde est à programmer, tout en dépassant la seule approche financière. Cette méthode permet de valoriser les connaissances techniques et fonctionnelles liées à la gestion du cycle de vie des actifs dans un esprit de concessionnaire exemplaire vis-à-vis de la sûreté.

L'équipe de référents Hydromécanique MOE/MOA est le garant qui permet de collecter de la donnée caractérisant **l'état des équipements, la maintenabilité et le comportement en exploitation**, afin d'identifier les projets de rénovation/renouvellement au travers de la planification stratégique.

L'approche classique des problèmes de décision, c'est-à-dire l'optimisation d'une unique fonction économique, montre certaines faiblesses auxquelles les méthodes multicritères semblent pallier.

La diversité de ces méthodes multicritères réside dans la façon d'effectuer la synthèse de l'information contenue dans chaque critère. Une agrégation des différents critères, ici est proposée.

Afin de s'interroger sur la robustesse et la pertinence de la méthode, l'approche finale est analysée et validée toujours par un chargé d'exploitation de l'aménagement, un expert mainteneur Maîtrise d'Œuvre et un référent mécanicien Maîtrise d'Ouvrage afin de décider s'il y a une nécessité d'investir dans l'actif ou pas.

2. METHODOLOGIE

Le contenu méthodologique se calque sur la **maintenance centrée sur la fiabilité RCM2** de **John Moubray**. L'origine de cette maintenance provient du secteur de l'aviation commerciale civile et s'adapte à l'industrie. Le département américain de la défense a collaboré à un rapport intitulé RCM Reliability Centered Maintenance qui introduit pour la première fois ce nouveau concept de stratégie de maintenance.

Le processus RCM/RCM2 est définie par l'auteur « comme une procédure destinée à déterminer ce qui doit être fait pour s'assurer que tout bien physique continue à réaliser ce que l'utilisateur désire dans son contexte actuel ».

Ramené au contexte des aménagements hydroélectriques, l'actif de vantellerie doit permettre de maîtriser le débit à l'aval et à retenir le débit.

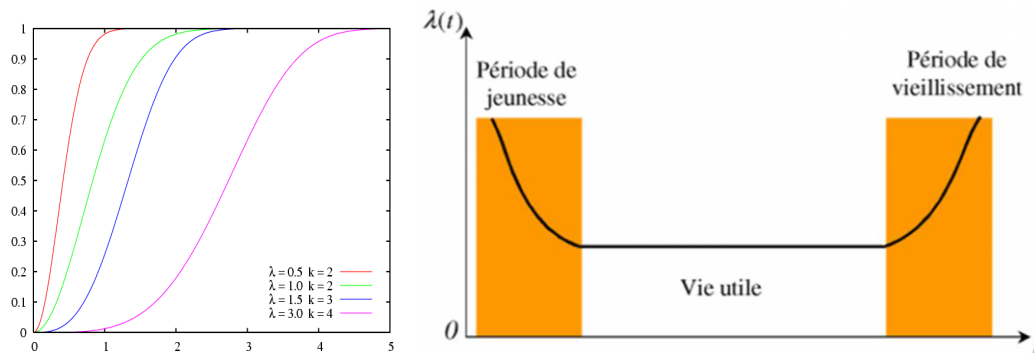
Plus concrètement, la méthode s'enrichie du système de la Gestion d'Actifs de la CNR qui est organisée selon plusieurs axes de travail :

- Développer des méthodes et outils d'analyses et de modélisation mathématique.
- Structurer et rationaliser la prise de décision à l'aide d'une méthodologie.
- Valoriser la performance de la décision associée aux enjeux de l'entreprise. CNR maintient et renouvelle les actifs concédés, pendant tout leur cycle de vie, de manière à garantir la réalisation de ses missions fondamentales, (production, sûreté, navigation, environnement et sécurité) en appui au système de gouvernance.

2.1. La méthode de calcul mathématique

La loi principalement utilisée est la loi de Weibull :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\delta}{\theta}\right)^\beta}$$



Elle comporte 3 paramètres :

Courbe en baignoire

β , paramètre de forme

θ , paramètre d'échelle

δ , paramètre de retard

Le type de vieillissement : lent, normal, rapide

$\beta < 1$: Le taux de défaillance diminue avec le temps (λ diminue) → période de jeunesse

$\beta = 1$: période de vie utile défaillance aléatoire

$\beta > 1$: Le taux de défaillance augmente avec le temps (λ augmente) → période de vieillissement

Les résultats sont précis avec l'appui de data scientist, si le nombre d'intervention est supérieur à 25.

En conclusion, la durée de vie moyenne est estimée à une amplitude de 25 à 35 ans, cette durée permet une fonctionnalité de l'équipement sans défaillance avant une intervention rendant l'actif indisponible le temps de rénover ou de remplacer les différents composants principaux.

2.2. La méthode d'état des lieux

La Maîtrise d'Ouvrage fait reposer son jeu d'hypothèses sur le fait que le bon état de fonctionnement de ses actifs est assuré tout au long de leur cycle de vie. Comme annoncé précédemment, cet état est associé à la capacité d'un équipement à assurer la fonctionnalité pour laquelle il a été conçu.

Une cartographie de chaque actif est réalisée avec la création d'une matrice listant les différents composants, **structure** (dont le sous-composant **protection anticorrosion**), **étanchéités**, **organes de levage**, **organe de guidage**, **pièces fixes** suivant un diagnostic sur l'état avec une échelle de gravité. L'analyse de l'état s'apparente à un diagnostic de santé chez le médecin et repose sur des observations d'inspections visuelles, des mesures, des contrôles à l'instant t afin de mettre en avant un phénomène évolutif : le vieillissement.

Ces constats techniques factuels d'état des lieux ont leur signification par rapport à une population d'équipements similaires, avec la même cohérence et homogénéité tout le long du linéaire du Rhône avec ces 19 aménagements.

REGISTRE DES ACTIFS																			
EVALUATION DE L'ETAT TECHNIQUE VANNE SEGMENT AVEC VOILET / BARRAGE ISERE / VB3 / 17/05/2022 / S. AUBRY, C. CHAMPEAU, G. JUAREZ, J. BLANC, S. SOBOUL																			
STRUCTURE	Note	ETANCHEITE DE VANNE	Note	ANTICORROSION	Note	PIECES FINES	Note	ORGANES D'ARTICULATION	Note	ORGANES DE ROULEMENT	Note	ORGANES DE MANŒUVRE	Note	BUTONS	Note	SECURITES COLLECTIVES ET ACCES	Note	CHAUFFAGE PORTEES DE JOINT	Note
Van	1	Van	1	Van	1	Van	1	Van	1	Van	1	Van	1	Van	1	Van	1	Van	1
Moyen Vites localement déformées amorce de fissures...	2	Moyen quelques fuites absence de vibrations	2	Moyen > 20% surface est dégradée	2	Moyen Légère usure ou déformation des plats de roulement, rails pièces fixes, creux 5mm usure, écarts géométrie	2	Moyen Huile anormaux Graissage défilant Ecart 'géométriques'	2	Moyen Huile anormaux Graissage défilant Ecart 'géométriques'	2	Moyen Légères fuites huile Fuites vrin QQ mailions radis Frot vés, moteur à rénover Trajectoires courbées	2	Moyen Joux ou coincements	2	Moyen Légère jeu quelques éléments tordus Boulons manquants	2	Moyen Partiellement dégradés	2
Mauvais géométrie non conforme fissures traversantes	3	Mauvais détériorées > 3 ml en cumulé fuites ++	3	Mauvais > 50% surface est dégradée	3	Mauvais Usure prononcée 0mm - <10mm géométrie hors tolérance fonctionnelle	3	Mauvais Grippe ++ Manœuvre dégradée Boulons tourillons desserrés	3	Mauvais Grippe ++ Blocage galet	3	Mauvais bruits/vibrations anormaux mailions bloqués profil non Galie HS fuites d'huile ++ Pas chaîne hors tolérance	3	Mauvais Forme usure Mise en place très fastidieuse ou dangereuse	3	Mauvais Boulons manquants Pièces très tordus	3	Mauvais Fuites liquide calporteur + de 50% circuit HB	3
Très mauvais intégrité structure compromise	4	Très mauvais Vibrations structure	4	Très mauvais métal attaqué (diminution d'ép. se vites, boulons...)	4	Très mauvais Descollement saïs/Rails fortement usés > 10 mm, vibration importante, seuil écart et creux géométrie > 10 mm	4	Très mauvais manœuvre impossible (surcharge)	4	Très mauvais Galet manquant manœuvre impossible (surcharge)	4	Très mauvais blocage/désalignement chaîne requilibrage HS Très fortes vibrations/bruits	4	Très mauvais Dispositif non fonctionnel	4	Très mauvais Protection déficiente Risque d'accident	4	Très mauvais Dispositif non fonctionnel	4
		Fuites du joint de seuil du volet		Bel aspect de l'anticorrosion. Présence de mousse. Probable dégradation sur les faces externes du corps inférieur		Usure importante						Problème de détection mou de chaîne - Système inopérant							
Note estimée :	1		2		1		3		1		1		2		1		1		1
Commentaires : Début au niveau de la détection des mous de chaîne																			
1996 : Remplacement des galets de guidage																			
2010 : Remplacement des élasticités																			
Dernière expertise PM2 : 2013																			
Projet de liaison définitive du volet au corps inférieur (plus manoeuvrant) DT 221281																			

L'état technique est référencé par une échelle qualitative d'usure de 4 niveaux permettant d'avoir une vision synthétique des différents composants de l'équipement.

L'état technique traduit une cinétique de vieillissement plus ou moins accentuée par rapport à la normale et notamment le passage en vie mature.

Les référents organisent la cartographie de tous les équipements hydromécaniques selon une procédure d'évaluation avec l'objectif d'harmoniser cette pratique.

Les évaluations sont saisies dans le registre du logiciel de GMAO.

2.3. L'analyse des différents critères

L'outil d'analyse des équipements hydromécaniques est associé à une liste de multicritères :

- La maintenabilité
- Le comportement en exploitation
- L'âge de l'équipement
- La date de la dernière intervention de maintenance lourde
- Le critère principal favorisant l'usure (nombre d'heures de fonctionnement petite ouverture de pas / Q réservé)
- L'indice de confiance identifiant soit un rapport d'expertise de l'équipement, soit les rapports de contrôle, de mesures de diagnostic.
- Les coûts passés des différentes interventions de maintenance lourde

La maintenabilité et le comportement en exploitation sont des indices majeurs permettant d'avoir des éléments de preuve sur les actions de maintenance préconisées par les référentiels techniques et sur l'assurance de la fonctionnalité d'origine des équipements.

BARRAGE	Qte	EQUIPEMENT VANNE WAGON	Age Equipement	Durée d'utilité (27-35 ans)	Dernière rénovation N3 ANTICO+ETANCHETES	Fonctions principales : maîtriser le Q à l'aval + retenir l'eau																										
						Amiante/lomb	Structure Crité	Etanchéité	Antico	Plicés fixes	Organe de roulement et d'appui	Organe manœuvré et évacué	Securit é collecté vers vannes	Chaufort / échauffeur	Butant	Porte étanchéité / trappes	Indicateur Etat Technique *	Indicateur Etat Technique **	Classement N3 (réservé pas > 10000 h)	Indice confiance expertise	Experteinture	FCF	Observations compléments res. cartographie	Rénovation prévisionnelle	Catégorie de maintenance	Maintenance prioritaire	Coût Opérationnel	Coût Total	Indice de performance			
GE Génissiat ERD	1	V5 RD	75	2028-2026	2000-2001 A partiel +méca	C3	2	2	1	1	2	4	4	4	2	1	1024	2.3	0	Emi 2021	FCF 2021-270 PG indice 1	2027-2030	1	2	P2	175						
	2	V1 RD	75	2028-2036	1995 /2001 méca	C3	2	3	2	2	2	4	4	4	1	3	9216	2.7	0	Emi 2021		2027-2030	1	2	P2	150						
	3	V5 MIL	75	2029-2035	2002-2003 A partiel +méca	C3	2	1	1	1	2	4	4	4	1	1	3072	2.5	0	Emi 2021		2027-2030	1	2	P2		3500					
ERG 1/2 FOND	4	V1 MIL	75	2027-2035	2002-2003 A partiel +méca	C3	2	3	2	2	2	4	4	4	1	1	64	1.8	0	Emi 2021		2027-2030	1	2	P2							
	5	V5 RG	75	2030-2037	2004-2005 partiel méca	C3	2	1	1	2	1	4	4	4	1	1	128	1.9	0	Emi 2021		2027-2030	1	2	P2							
	6	V1 RG	75	2030-2037	2004-2005 partiel méca	C3	2	2	1	1	2	4	4	4	1	1	128	1.9	0	Emi 2021		2027-2030	1	2	P2							
	7	V RD	73	1975-1983	2014 partiel méca/Néant	C3	3	2	3	2	2	4	4	4	1	1	2304	2.4	0	En cours 2023 T3	FCF 19-619 VML/SLD	2023-2025	1	2	P1			3500	A			
	8	V MIL	73	1975-1983	2014 partiel méca/Néant	C3	3	2	3	2	2	4	4	4	1	1	2304	2.4	0	En cours 2023 T3		2023-2025	1	2	P1	550			A			
PB Pierre Bénite	10	V1 PB	57	2027-2045	N3 2008-2010 Astom Seldem	N/N	1	1	2	2	2	1	1	1	1	3	24	1.5	3180	?	Réalisé 2010	2029-2029	2	2	P2	775	200					
	11	V2 PB	57	2028-2031	N3 A+E 1997 N2 partielle 2003	N/N	2	3	2	3	1	1	1	1	3	108	1.9	4480			M EME 30 SIXEN PG	2026-2027	2	2	P2	1256	200					
	12	V3 PB	57	2016-2022	1988 absence maintenance four	N/N	2	3	2	3	1	1	1	1	3	162	1.9	1150				2026-2027	2	2	P2	1256	200					
	13	V4 PB	57	2030-2038	N3 A+E 2003	?/?	1	3	1	3	2	1	1	1	3	216	2	4125				Attente rapport DM	2030-2031	2	2	P2	661	330				
	14	V5 PB	57	2024-2032	N3 1995-1997 + N2 Ap 2006	N/N	2	3	1	3	2	1	1	1	1	3	54	1.7	3320	?		DGAC 2023-142 PG	2029-2030	2	2	P2	224	200				
BE Charmes	15	V6 PB	57	2046-2054	N3 2016-2017	N/N	1	2	1	1	1	1	1	1	3	6	1.3	2720			Réalisé 2019	2022	1	2	P2	2600	145					
	16	V1 BE	60	2038-2046	N3 2011 A+E	N/N	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1.1	3450	DM 2019		Réalisé 2011	1	2	1	1720							
	17	V2 BE	60	2035-2043	N3 2008 A+E	N/N	1	1	2	1	2	1	1	1	1	8	1.3	3200	DM 2021		2008	1	2	2	150							
	18	V3 BE	60	2021-2028	1994 2020 partielle méca	N/N	1	3	3	2	1	1	1	1	1	18	1.5	4320	DM 2020	N2 ANTICO > 2030	>2030-2041	1	2	2	1950							
LN Pouzin	19	V4 BE	60	2031-2038	2003 A+E	N/N	1	1	2	1	3	4	1	1	1	144	1.9	14850	DM 2013		>2041	1	2	P2	386							
	20	V5 BE	60	2022-2029	1995 A+E	?/?	1	2	3	1	1	2	1	1	1	12	1.4	9950	DM 2013		DGAC 2023-142 PG	2027	1	2	P2							
	21	V6 BE	60	2040-2048	1994 A+E	N/N	1	3	3	2	4	2	1	1	1	144	1.9	5950	DM 2013		DGAC 2023-142 PG	2022	1	2	P2	4300			74			
	22	V1 LN	62	2030-2038	2003 A+E	?/?	1	1	2	1	2	1	4	1	1	1	16	1.5	2300	M EME 2014		>2030-2041	1	2	2	200	155			26		
	23	V2 LN	62	2029-2036	2002 A+E	?/?	2	2	2	1	2	1	4	1	1	1	64	1.7	3280	M EME 2021	Maintenance N2	>2030-2041	1	2								
	24	V3 LN	62	2024-2031	1997 A+E	?/?	1	1	3	1	2	4	4	4	1	1	192	2	7770	M EME 2021	Expertise peinture ?	2030	1	2								
MO Rochemaure	25	V4 LN	62	2031-2038	2004 A+E	?/?	1	1	2	1	2	4	4	4	1	1	128	1.9	5050	M EME 2019		>2030-2041	1	2								
	26	V5 LN	62	2036-2052	1988 A+E	?/?	1	1	3	1	3	1	1	1	1	36	1.7	1950	M EME 2016		DGAC 2023-142 PG	2025-2027	1	2	P2							
	27	V6 LN	62	2023-2030	1995 A+E	?/?	1	1	3	1	2	1	4	1	1	24	1.6	4100	M EME 2017		DGAC 2023-142 PG	2027-2028	1	2	P2							
	28	V1 MO	66	2040-2048	1990 A+E 1994 méca	N/N	2	3	3	2	3	2	4	4	1	1	864	2.2	3225	M EME 2016	DGAC 2023-142 PG	R2022-2023	1	2	3	000				69		
	29	V2 MO	66	2039-2045	1992 A+E 2012-2015 A+E	N/N	3	1	1	1	1	2	4	4	1	1	8	1.4	10800	M EME 2015		Réalisé 2015	1	2	2	4400				88		
BO Barrage Usin	30	V3 MO	66	2024-2031	1997 A+E	?	1	2	4	2	3	2	4	1	1	384	2.1	11000	M EME 2018		DGAC 2023 EN COURS	2027-2028	1	2	P2	150						
	31	V4 MO	66	2033-2040	2006 A+E	N/N	1	1	1	1	2	1	4	4	1	1	8	1.4	24625	M EME 2015		>2030-2041	1	2	2	1600	570			31		
	32	V5 MO	66	2029-2037	2002 A+E 2000 méca	?	1	3	3	2	3	3	4	4	1	1	2592	2.5	48950	M EME 2017		2025	2	2	P2	184						
	33	V6 MO	66	2032-2039	2005 A+E	N/N	1	2	1	1	1	1	4	4	1	1	32	1.8	4590	M EME 2015		>2030-2041	1	2	2	300						
	34	V2 BO	71	1979-1987	Néant	C3	1	4	2	2	1	1	4	4	1	1	64	1.8	0			DGAC 2020-184 PG	2022-2023	1	2	2	500					
35	V3 BO	71	1979-1987	Néant	C3	1	4	2	2	1	1	4	4	1	1	64	1.8	0			DGAC 2020-184 PG	2022-2023	1	2	2	500						

L'orientation de la méthodologie, à cette étape est portée sur le questionnement à quelle période la fin de la durée d'utilité de la fonctionnalité (maîtriser le débit à l'aval et de retenir l'eau) sera atteinte. L'objectif de cette matrice avec l'aide multicritères à la décision consiste à rendre possible une décision sur des bases rationnelles malgré un nombre important de critères.

Le développement de l'analyse multicritère nécessite en premier lieu une définition aussi précise que possible de l'objet de l'évaluation et de ses limites de sorte que les procédés ou scénarios soient évalués sur la base d'une référence commune.



Vanne V6 barrage Beauchastel : les 6 vannes, le déversoir vue côté aval et rails et contre-galets côté amont.

2.4.Stratégie de renouvellement et risques : la courbe P-F

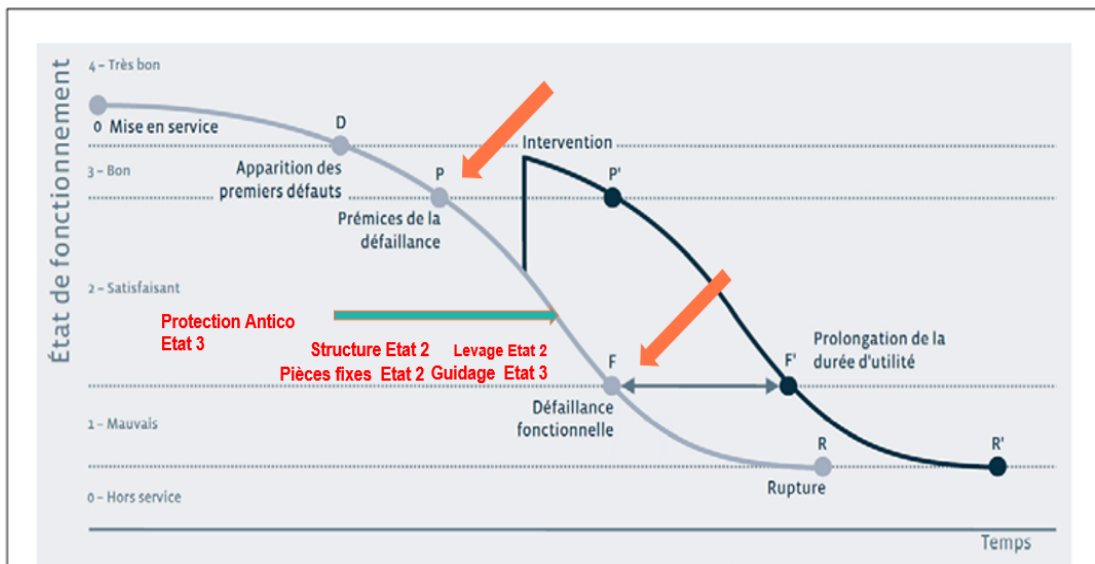
La courbe P-F est un graphique cartésien qui est utilisé dans le domaine du Facility Management pour décrire le comportement fonctionnel d'un actif au fil du temps et évaluer son utilisation maximale qui peut être obtenue à partir de l'équipement considéré.

La courbe avec les différents points de fonctionnement des actifs, les vannes d'évacuation de crue :

- La première partie correspond à la mise en service de l'équipement / O
- La seconde partie l'apparition des premiers défauts / D
- La troisième partie correspond à l'amorce des défauts / P
- La quatrième partie correspond à celle de la défaillance fonctionnelle / F
- La dernière partie correspond à la rupture, la perte de la fonctionnalité / R

- Principe de corrélation multicritères état technique/ comportement exploitation /fonctionnalités de l'équipement (Retenir l'eau + Laisser passer les crues)

10/03/2024 - 1



Défaillance fonctionnelle : défaillance d'un élément à accomplir ses actions ou ses caractéristiques normales conformément aux seuils spécifiés.

La vannerie est impliquée dans de nombreux incidents, soit des défaillances structurelles ou des défaillances de la chaîne cinématique de guidage et de levage.

La mise en place d'une veille technologique sur les défaillances des vannes barrage s'avèrent indispensable.

La base de données ARIA et les événements importants pour la sûreté hydraulique (EISH) et tous les éléments historiques de synthèse et partages d'expériences du CFBR permettent d'enrichir la réflexion du référent afin de ne surtout pas atteindre le point R.

Le référent examine chaque vanne approchant de la fin de sa durée de vie utile avant sa remise en état général (amplitude 27 à 35 ans) et aborde les premiers signes de défaillances mineures de fonctionnement afin de choisir la date de renouvellement de l'équipement.

3 CONCLUSION

La méthode basée sur la fiabilité constitue une démarche structurée pour définir la première démarche des programmes d'investissement de rénovation-renouvellement des équipements de vantellerie. Cette méthode prend en compte dès le début, les conséquences des défaillances sur la sécurité, la sûreté, la capacité opérationnelle à faire et les impacts financiers.

La méthode apporte de la visibilité à tous les acteurs pour une période à moyen et long terme. La fiabilité, la maintenabilité et l'aptitude au soutien sont des leviers essentiels pour accroître la valeur d'un actif, afin de prendre les bonnes décisions pour la gestion de l'actif physique. La Maîtrise d'Œuvre en interne a besoin également de cette anticipation afin de préparer ces projets importants.

Les prestataires à l'externe qui ont les compétences afin de réaliser ces interventions lourdes de remise en état général sont peu nombreux. Ces entreprises afin de garder leur compétence attendent de la part des Maîtrises d'Ouvrage - Concessionnaires, une visibilité des travaux à venir à moyen et long terme

L'évaluation de l'actif avec cette analyse permet d'atténuer le risque en exploitation. Toutes les entités de la Compagnie participent à la réflexion afin que la Maîtrise d'Ouvrage décide de ses investissements avec des solutions argumentées sur le périmètre.

RÉFÉRENCES ET CITATIONS

- [1] John Moubray, « Reliability-Centered Maintenance »
- [2] CFBR Comité français des barrages et réservoirs – Partage d'expérience juin 2017 – Les défaillances mécaniques des vannes barrages.
- [3] Technique de l'Ingénieur – Méthode de maintenance basée sur la fiabilité RCM2tm de John Moubray par Gilles Zwingelstein.
- [4] Enseignements tirés des événements importants pour la sûreté hydraulique (EISH) et éléments de retour d'expérience sur les organes hydromécaniques et de contrôle commande des barrages de Clément Gastaud (BETCGB) et Anne Laure Gauthier (BARPI) – Colloque CFBR Chambéry de décembre 2015.
- [5] Norme NF ISO 55001 juillet 2014 – Gestion d'actifs- Système de management - Exigences