

## MISE EN PLACE D'UN AUTOMATISME DE SAUVEGARDE PROGRAMMABLE AU BARRAGE DE MARCKOLSHEIM

### *Implementation of a programmable backup automation at the MARCKOLSHEIM dam*

François BOUILLET

EdF CIH, Savoie Technolac, 4 Allée du Lac de Tignes, 73290 La Motte Servolex

[francois.bouillet@edf.fr](mailto:francois.bouillet@edf.fr)

## MOTS CLEFS

Automatisme de sauvegarde, automate programmable, contrôle commande, instrumentation, capteurs, fiabilité, sûreté

## KEY WORDS

Automatic backup, PLC, control, instrumentation, sensors, reliability, safety

## RÉSUMÉ

*L'automatisme de sauvegarde est l'ultime barrière pour la mise en sécurité des barrages d'EdF Hydro. Par son rôle stratégique pour la sûreté hydraulique, y compris dans les études de danger, il fait l'objet d'une forte attention dans le questionnement de sa mise en place, sur ses choix d'actions et sur sa conception. En effet, étant un système pouvant potentiellement générer une ouverture « non désirée », il n'est pas systématiquement mis en place. De ce fait, on lui alloue des fonctions « simples » et la technologie longtemps retenue dans sa conception était basée sur des systèmes dits « simples et robustes ». Avec l'apport du numérique, les systèmes sont mieux surveillés et leur robustesse a maintenant fait ses preuves. EdF Hydro a décidé de développer une solution d'automatisme de sauvegarde programmé et de profiter des travaux de rénovation sur le barrage de Marckolsheim pour l'expérimenter.*

## ABSTRACT

*The backup automation is the ultimate barrier for ensuring the safety of EdF Hydro dams. Through its strategic role for hydraulic safety, including in danger studies, it is the subject of strong attention in the questioning of its implementation, its choice of actions and its design. Indeed, being a system that can potentially generate an "unwanted" opening, it is not systematically put in place. As a result, it is allocated "simple" functions and the technology long retained in its design was based on so-called "simple and robust" systems. With the advent of digital technology, systems are better monitored and their robustness has now been proven. EdF Hydro decided to develop a programmed backup automation solution and take advantage of the renovation work on the Marckolsheim dam to experiment with it.*

## 1. ROLE DE L'AUTOMATISME DE SAUVEGARDE

L'automatisme de sauvegarde est un automatisme parfois mis sur les barrages qui a pour rôle d'alerter et d'agir en cas d'exhaussement anormal de la retenue amont. Ces événements peuvent survenir, en cas de dysfonctionnement de l'automatisme principal, de mesures erronées ou d'autres phénomènes. Le dispositif de sauvegarde est indépendant de l'automatisme principal, autonome et sa conception est basée sur des principes et des actions simples. L'intérêt ou pas de sa mise en place est démontrée à partir de scénarii de dysfonctionnements avec les automatismes principaux qui vont démontrer si l'ouvrage pourrait être mis en péril, le temps que l'exploitant intervienne. Il contribue alors au maintien en sécurité de l'ouvrage pendant le délai d'intervention maximum estimé. Ces éléments peuvent notamment être évalués au travers d'une étude d'autonomie. L'étude d'autonomie consiste à étudier « la capacité de l'aménagement à ne pas atteindre une cote extrême mettant en cause la sûreté d'exploitation (par ex. RN, PHE, bordé supérieur de vanne, ... suivant les cas) compte tenu de données d'entrées (gradient de crue, temps d'intervention) et de scénarii d'incidents (automatisme principal défaillant, vannes bloquées, non transmission d'alarme normale...).

La conception des automatismes de sauvegarde était jusqu'à maintenant basée sur une technologie à base de relayage dite « *simple et robuste* », faisant des actions simples sur les organes choisis et sur la base d'informations issues de poires de niveaux. Cette conception était basée jusqu'à maintenant sur des principes issus de la doctrine d'EdF déclinée sous la forme d'une solution de référentiel technique.

Cet automatisme est très rarement actif (voire jamais) et son test de fonctionnement est réalisé une fois par an, de manière complète ou partielle en fonction des conditions d'exploitation.

Ces dernières années, quelques dispositifs de sauvegarde avaient été réalisés sur la base d'API<sup>1</sup>. Ces choix avaient été motivés par une complexité induite soit par les manœuvres des passes, soit par des besoins d'actions dans des cas particuliers, voire des besoins d'instrumentations plus précises. Ces travaux ont systématiquement fait l'objet de demande de dérogations auprès des instances de sûreté ad hoc.

Zone Interdite	Stabilité de l'ouvrage ou des digues engagé
Zone de fonctionnement anormal Haute	Actions de protection par l'Automate de sauvegarde
Zone de fonctionnement Normal	Conduite normale (Manuel ou automatisme de conduite principal) Régulation de niveau
Zone de fonctionnement anormal Basse	Actions de protection par l'Automate de sauvegarde

Figure 1 : Zones de fonctionnements Automatismes de conduite

<sup>1</sup> API : Automate programmable industriel

## 2. EVOLUTION DU MODELE D'EXPLOITER

La société change, les technologies évoluent, aussi de nouveaux besoins apparaissent qui transforment la façon d'exploiter. On veut plus de surveillance, plus d'informations, on veut pouvoir éviter un long déplacement potentiellement risqué qu'on aurait pu éviter par une action à distance bien encadrée ou par une vérification à partir de nouvelles informations. On veut pouvoir centraliser certaines fonctions et donner parfois plus d'autonomie à l'ouvrage au travers de ses automatismes dans des cas pour lesquels la sollicitation de l'exploitant est lourde pour l'organisation. En lien très étroit avec la maîtrise d'ouvrage, il est demandé au CIH<sup>2</sup> de créer des solutions qui iront dans ce sens. Le dispositif de sauvegarde, ultime barrière pour protéger l'ouvrage doit donc lui aussi évoluer, et embarquer certaines fonctions qui lui étaient demandées, mais non développées, limité par la technologie utilisée (limitation du risque MVD<sup>3</sup> par exemple).

Dans ce contexte, il a été demandé au CIH de développer une solution de référentiel technique de dispositif de sauvegarde sur la base de système programmé.

Une étude de fiabilité a été réalisée comparant un dispositif programmé utilisant des mesures analogiques (ou numériques) avec le système actuel à relaiage utilisant des informations TOR<sup>4</sup> issues de poires de niveaux. Cette étude a conforté EdF Hydro dans son objectif d'aller vers des systèmes surveillés et programmés pour réaliser les fonctions de sureté sur ses ouvrages.

## 3. EXPERIMENTATION SUR LE BARRAGE DE MARCKOLSHEIM

EDF Hydro Est a engagé un programme de rénovation des contrôles-commandes de tous les barrages de la file du Rhin et le barrage de Marckolsheim est le premier barrage rénové. Les scénarii d'étude d'autonomie ayant démontré qu'il était nécessaire d'installer un automate de sauvegarde, la solution technique retenue était basée sur le référentiel technique actuel et donc basée sur un système à relaiage.

Dans le cadre du développement de l'automatisme programmé de sauvegarde, il a été demandé à EDF Hydro Est d'expérimenter ce nouveau dispositif sur le site de Marckolsheim.

## 4. LE BARRAGE DE MARCKOLSHEIM

Mis en service en 1961, l'aménagement de Marckolsheim est un des dix ouvrages du cours franco-allemand du Rhin, qui permettent d'assurer, outre une importante production hydroélectrique, la navigation à grand gabarit jusqu'à Bâle. Le débit moyen du Rhin à Bâle est de 1030 m<sup>3</sup>/s, avec des crues fréquentes dont la plus importante, en 1876, est estimée à 5700 m<sup>3</sup>/s à Bâle.

---

<sup>2</sup> CIH : Centre d'Ingénierie Hydraulique d'EdF Hydro

<sup>3</sup> MVD : Maitrise des Variations de Débits

<sup>4</sup> TOR : Tout Ou Rien



Figure 2 : Vue aérienne du barrage de Marckolsheim

Le barrage est de type mobile en rivière ; il mesure 178 m de long, et s'élève à près de 12 m au-dessus du terrain naturel. Sa structure génie civil comporte deux culées et quatre piles implantées dans le lit du Rhin ; chacune des cinq passes comporte un radier s'appuyant sur les deux piles encadrantes. Une passerelle permet la circulation entre les piles, à l'amont de celles-ci. La stabilité globale de l'ouvrage est assurée par une bonne conception et un dimensionnement suffisant pour les cas de charge usuels.

Chaque passe est équipée de vannes double-corps wagon-wagon superposées (vanne supérieure déversante et vanne inférieure levante) permettant d'évacuer un débit total de 1200 m<sup>3</sup>/s par passe. Les vannes sont manœuvrées par des treuils à chaînes, à motorisation électrique, commandées manuellement ou par les automatismes de barrage (APB et ASP).

Le barrage comprend cinq passes identiques de 30 m de largeur libre et 11,3 m de hauteur d'obturation pour une hauteur de retenue normale de 11 m.

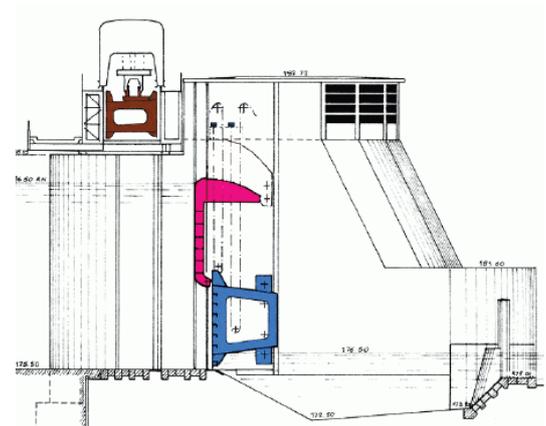
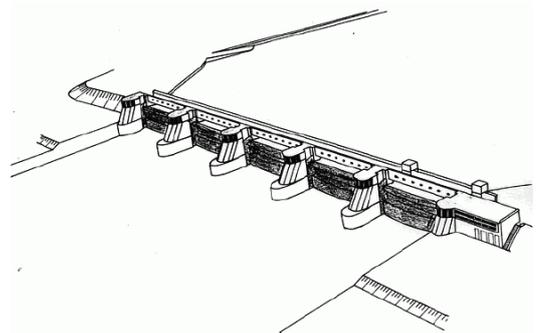


Figure 3 : vue en coupe du barrage

Les vannes du barrage sont utilisées pour évacuer le débit du Rhin dès lors que celui-ci excède le débit de saturation de l'usine. Les vannes assurent donc principalement la fonction d'évacuation des crues, mais également le transit du débit dans tous les cas d'exploitation le nécessitant. En conduite automatique, l'automatisme principal assure une régulation du niveau du plan d'eau en ajustant l'ouverture des vannes pour régler le débit.

## CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES DU BASSIN VERSANT

Cours d'eau	Rhin
Débit annuel moyen du fleuve	1060 m <sup>3</sup> /s
Débit naturel minimum enregistré	320 m <sup>3</sup> /s
Débit des plus hautes eaux connues	5700 m <sup>3</sup> /s (1876)
Débit de dimensionnement des ouvrages (règlement de concession)	6000 m <sup>3</sup> /s

## CARACTERISTIQUES DES VANNES

Débit estimé d'évacuation d'une vanne inférieure à RN	900 m <sup>3</sup> /s
Débit estimé d'évacuation d'une vanne supérieure à RN	300 m <sup>3</sup> /s

## 5. MOTIVATIONS DE L'EXPERIMENTATION

Cette demande se justifiait par :

- La complexité induite par la cinématique des passes : gérer la poursuite Vanne inférieure / Vanne supérieure,
- La nécessité de connaître la disponibilité des passes (éviter de perdre du temps),
- Un nombre de passes important,
- Des vitesses de manœuvres différentes,
- Un nombre important de relais nécessaire pour développer la solution sur une base à relayage => complexité.

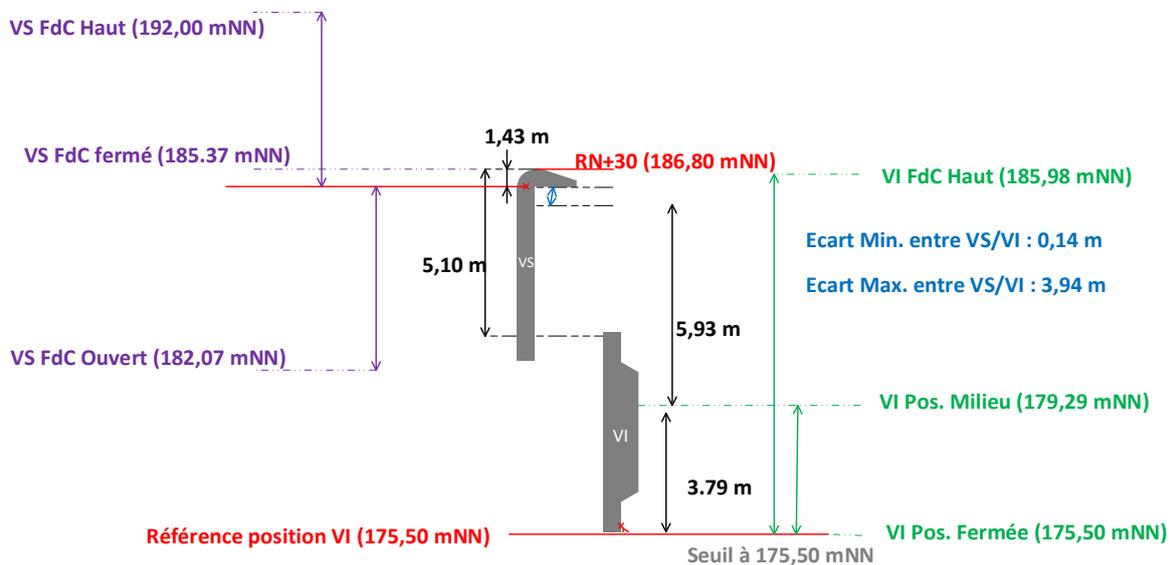


Figure 4 : Cinématique des passes

Ainsi la solution numérique **proposée apportera plus de souplesse, de flexibilité et permettra :**

- De répondre à des évolutions des attendus de la doctrine, complexes mettre en œuvre avec un système à relais (contrôle de débits, disponibilité des passes, etc.),
- De s'adapter aux cas simples comme aux cas complexes des différentes technologies de vannes,
- De limiter le sur-débit par une consigne en débit et pas forcément en pas => commande des vannes plus fine,
- De réagir de façon plus adaptée :
  - Par la mesure de niveau, possibilité de limiter le sur-débit en détectant la tendance à ne plus exhausser le niveau,
  - La connaissance de l'état des passes permet d'agir sur les passes disponibles contrairement à un dispositif plus simple qui cherchera émettra des ordres sur toutes les passes, cycliquement, quelles que soient leurs positions, leur état, il y a alors perte de temps sur une passe qui ne peut plus manœuvrer.
- D'améliorer la fiabilité et la disponibilité du système => complexité de garantir la fiabilité et la disponibilité d'un système très peu sollicité, testé une fois par an, basé sur des informations TOR et sur une logique à relaying.
- Des garde-fous apportés par une surveillance accrue et qui réduisent les potentiels dysfonctionnements (surveillance de l'accès à l'automate).

## 6. CONCEPTION DE LA SOLUTION ASP (AUTOMATE DE SAUVEGARDE PROGRAMME)

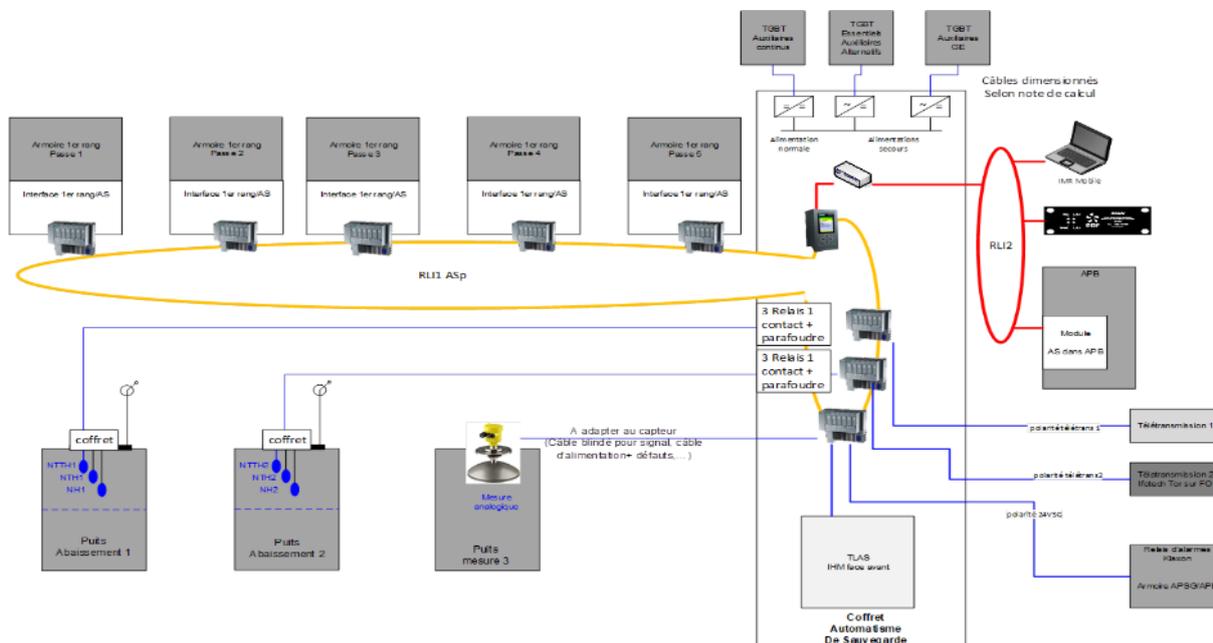


Figure 5 : Architecture du contrôle commande de l'ASP

L'architecture est basée sur un automate programmable « standard » agissant sur les passes au travers de modules d'entrées sorties déportés et sur la base d'informations issues de poires et d'une mesure de niveau. Le choix de conserver la même technologie automate que celle déployée sur les autres systèmes est justifiée par un MCO qui se complexifierait sur un parc déjà très hétérogène. A cela s'ajoute le REX acquis par les modules standards déjà développés.

Les informations issues des passes sont polarisées par la tranche de la passe et sont acheminées vers l'API de sauvegarde via des modules déportés qui lui sont dédiés dans chaque armoire de passe.

Trois puits ont été réalisés afin d'implanter les capteurs de niveaux. Pour des questions de fiabilité il a été décidé de remplacer les mesures de niveau par poires de niveau par des mesures analogiques.

L'information de niveau élaborée est basée sur le principe du 2/3. Un seuil est déclaré atteint si au moins deux seuils sont atteints à partir de mesures valides.

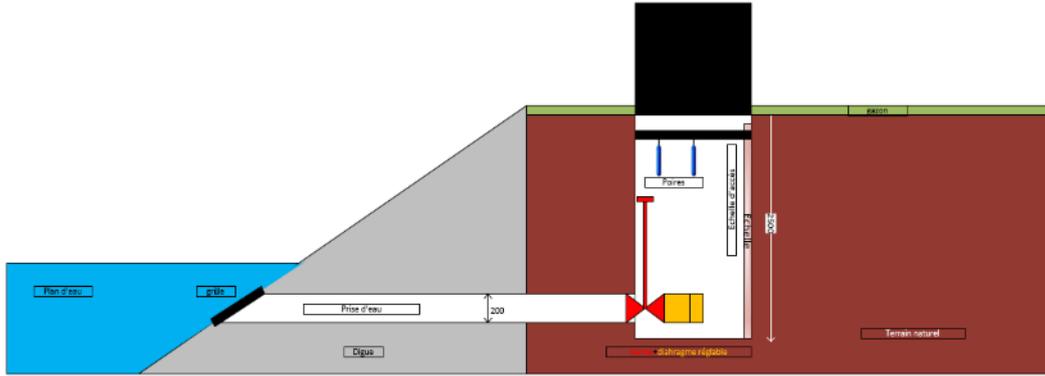


Figure 6 : Plan des puits de mesure

Les logiciels sont développés sur la base de modules standards d'EdF. Ces modules, implantés dans tous les automates programmables d'EdF Hydro depuis 15 ans, bénéficient de toutes les boucles de REX et en font des modules robustes. La spécification fonctionnelle des modules de l'ASP est réalisée par le service FCC de la Direction Technique du CIH, puis ils sont codés par le centre de développement automate de la Direction Technique. Le service Contrôle Commande du CIH de Mulhouse est chargé du déploiement de cet automate mais n'intervient pas dans sa conception logicielle.

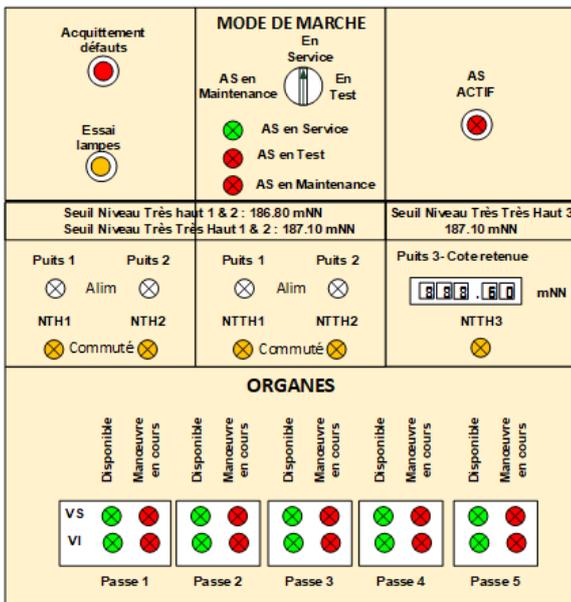


Figure 7 : IHM de la solution

Les interfaces homme-machines (IHM) sont basées sur le standard déployé par EdF Hydro.

## 7. PRINCIPE DE MAINTENANCE

Le service Contrôle Commande du CIH de Mulhouse dispose de mainteneurs qui interviennent sur le parc des automatismes de Hydro Est. Le MCO<sup>5</sup> de l'automatisme de sauvegarde ne sera pas réalisé sur ce modèle. L'équipe locale du CIH aura la possibilité d'intervenir sur le matériel mais, si des modifications logicielles devaient être réalisées, elles seront réalisées par la Direction Technique du CIH. Cette organisation a été mise en place afin d'éviter les modes communs qu'il pourrait y avoir si le mainteneur était amené à intervenir à la fois sur l'automatisme de conduite principal (l'APB) et sur l'automatisme de sauvegarde (l'ASP).

## 8. RETOUR D'EXPERIENCE

Le barrage de Marckolsheim termine sa rénovation (il reste une passe à moderniser au moment de la rédaction de cet article). L'ASP est raccordé sur les 4 passes rénovées mais il n'est pas encore « En service ». Il fait l'acquisition des informations qui lui sont raccordées mais il n'a pas la possibilité d'agir en cas d'aléa.

Sa conception modulaire et logicielle a permis de le recetter totalement en plateforme, ce qui permet des tests plus complets que ceux qui seraient réalisés dans un atelier sur une armoire électrique. Les essais sur site sont donc plus limités.

EdF Hydro Est a choisi de remplacer les poires par des capteurs analogiques.

L'ASP bénéficiera ainsi d'une architecture complètement surveillée (mesures et automatisme) ce qui augmente son niveau de disponibilité.

Le système permettra une meilleure traçabilité des interventions et une éventuelle intrusion voire modification non programmée sera immédiatement signalée.

Une organisation sur le plan de maintenance est en cours de réflexion (tests des mesures de niveaux, tests de l'automatisme...), à l'instar des relais de protection numérique pour les groupes de production. Un plan de compétence sera réalisé sur les différents niveaux de maintenance.

Les exploitants ont été intégrés à l'étude du dispositif, cela a contribué à une acceptation dans la conduite du changement face à cette « *rupture technologique* ».

Le retour d'expérience acquis par cette expérimentation a fortement contribué à la conception du nouveau référentiel barrage d'EdF Hydro, tourné vers des solutions complètement numériques. Demain, l'exploitant bénéficiera d'outils qui lui permettront de tester son dispositif de sauvegarde à partir de l'IHM numérique. Il aura la possibilité de remplacer ses capteurs sans intervention d'un service de maintenance du CIH. La solution standard utilisera trois mesures de niveaux.

La fonction de maîtrise des débits à l'aval en utilisant ces nouvelles technologies est à l'étude.

---

<sup>5</sup> Maintenance en Conditions Opérationnelles