

VISITE DE DRONE SUR DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

Drone visit to hydraulic works

Cédric SCHREIBER

EDF Hydro-Est ; Centrale hydroélectrique EDF d'Ottmarsheim 68490 Ottmarsheim

cedric.schreiber@edf.fr

MOTS CLEFS

Drone ; turbine ; écluses

KEY WORDS

Drone; turbine; locks

RÉSUMÉ

L'article traite des premières utilisations notables des drones dans le cadre de la maintenance des ouvrages hydrauliques du Rhin. Une première utilisation a été faite sur une turbine Kaplan. Une seconde utilisation a été faite sur des portes d'écluses.

ABSTRACT

The article deals with the first notable use of drones in the context of the maintenance of hydraulic structures on the Rhine. A first use was made on a Kaplan turbine. A second use was made on lock gates.

1. INTRODUCTION

La Direction Technique Générale (DTG) d'EDF a créé un « centre de compétences Drone » afin d'identifier des usages où cette technologie innovante apporte une plus-value en exploitation/maintenance et de promouvoir leur utilisation le cas échéant. Cette équipe fournit des recommandations et des conseils pour les utilisations de drone, pour des missions de contrôles et de diagnostics notamment. Des opérations de contrôles ont ainsi été réalisées pour des visites de roues de turbine ou pour le diagnostic de portes d'écluses de grandes dimensions.

2. VISITE DE GARANTIE DU G4 D'OTTMARSHEIM

L'usine hydroélectrique d'Ottmarsheim a été mise en service en 1952. Elle est composée de quatre groupes de production hydraulique de type Kaplan, d'une puissance totale de 160MW. Les turbines Kaplan sont des turbines à axe vertical, avec des pales orientables.

Entre fin 2018 et mi 2020 a eu lieu une rénovation complète du groupe 4 d'Ottmarsheim (G4). La rénovation a consisté entre autres à rénover complètement la roue et son manteau.

2.1 Des contraintes vers une solution

Un arrêt du G4 a été planifié pour réaliser la visite de garantie contractuelle, avec le titulaire du contrat, 2 ans après la rénovation.

Le périmètre du contrat du turbinier était : remplacement des pales, rénovation du moyeu de roue, remplacement des pièces internes du moyeu de roue, remplacement du manteau de roue supérieur et remplacement des directrices. Le but de cette visite de garantie en présence du titulaire et du CIH est de vérifier l'absence de dégradations de surface.

Pour réaliser cette visite il a été accordé une journée, hors arrêt et vidange du groupe. En temps normal il faut une indisponibilité machine de près de 4 semaines pour faire cette visite, qui comprend les opérations suivantes, avec dans l'ordre : le batardage, la vidange groupe, l'ouverture des portes bêche et cône, la mise en place des lignes de vie autour des directrices, la pose plancher de roue, la pose de l'échafaudage, la visite du turbinier, la dépose de l'échafaudage... Ainsi, l'arrêt de 4 semaines est composé à 90% de tâches logistiques sans plus-value pour la maintenance ou la connaissance de l'état des équipements. Cette durée d'indisponibilité du groupe de production pendant 4 semaines engendre des pertes de production très importantes.

L'idée de la visite par drone a émergé lors d'échanges entre exploitants et mainteneurs. Le service DTG cité en introduction a été sollicité. Les discussions ont abouti à la fourniture de recommandations et de contacts de prestataires proposant des prestations d'inspection par drone.

La prestation

C'est l'entreprise Bureau Veritas (BV) qui a obtenu le marché pour cette visite par drone.

La préparation a consisté à :

- Batarder et vidanger le groupe (=Mise hors eau),
- Ouvrir les portes bêche et cône,
- Sécuriser la porte cône (mise en place d'un garde-corps),
- Monter de la ligne de vie au niveau des directrices par cordistes.

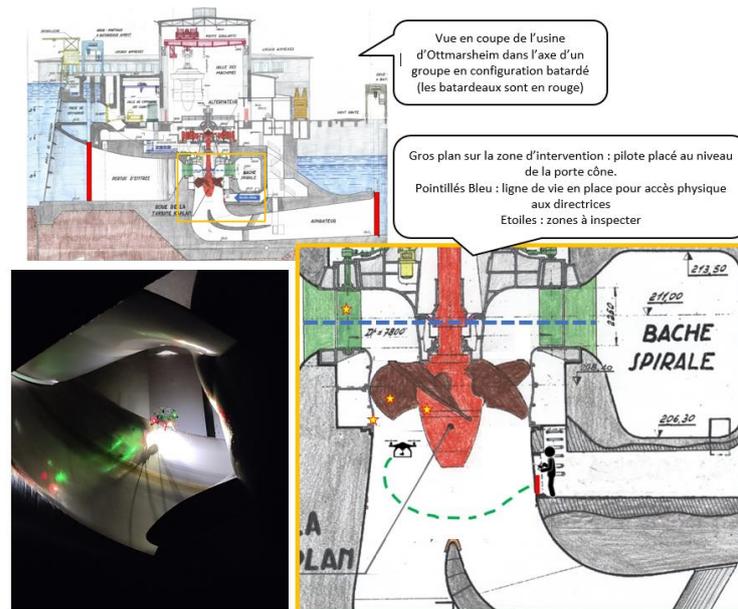


Figure 1 : Aperçu de la configuration d'intervention

Le pilote de drone est en place devant le garde-corps de la porte cône. Pour cette intervention il a la visibilité sur son drone pendant 90% des manœuvres. Il a l'affichage de sa caméra directement au niveau de sa commande. Un écran déporté permet au titulaire du marché turbine et à EDF/centre d'ingénierie (EDF/CIH) de suivre les images du drone en temps réel. Ces derniers communiquent directement avec le pilote du drone afin de diriger l'appareil vers les zones à contrôler.

Le drone utilisé par BV a été amélioré pour réaliser des vols en milieu difficile. L'équipement comprend dans les grandes lignes :

- Une cage de protection en carbone ~ 35 cm de diamètre,
- Une caméra 4K orientable,
- Un pointeur de niveau laser,
- Un éclairage LED (réglable sur plusieurs intensités).

L'autonomie du drone peut aller jusqu'à 10 minutes de vol. Dans notre configuration, le drone enregistre en continu, tout au long du vol. Pour se repérer dans l'espace, chaque début de vidéo se fait depuis le décollage au niveau de la porte cône. On obtient ainsi une vue d'ensemble puis un zoom sur la zone inspectée.

Remarque : il est important de mettre ces données techniques dans le contexte de l'époque (juin 2022) car la recherche et le développement de ce matériel avance très vite.

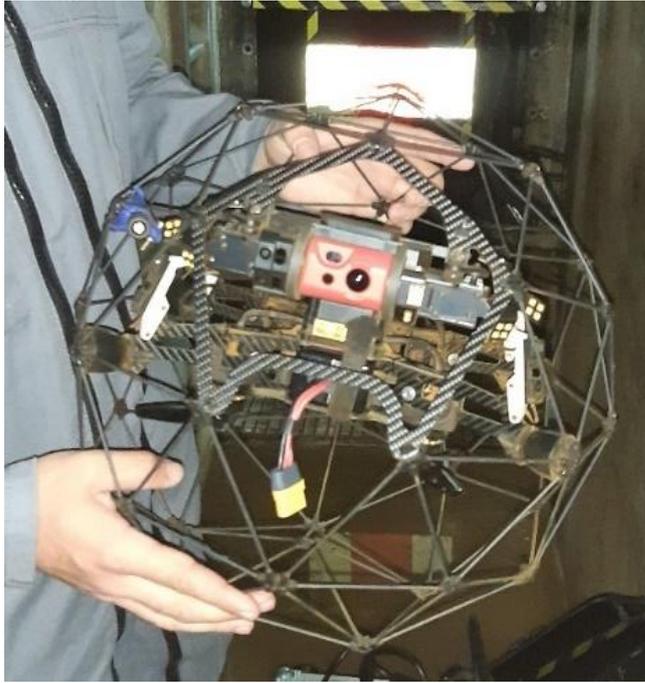


Figure 3 : Drone utilisé avec cage sur mesure



Figure 2 : Pilote de drone devant la porte cône

Comme le drone est protégé par sa cage, le pilote peut l'approcher des zones à observer jusqu'au quasi-contact. Il a ensuite la possibilité d'ajuster l'éclairage des LED pour éviter les surbrillances dues aux reflets.

Les vols ont permis de visiter l'ensemble de la roue et du manteau de roue. Aucune trace de cavitation n'a été détectée. Aucun autre défaut de surface n'a été constaté. Nous relevons quelques zones de retouches peinture à réaliser sur le moyeu (lors d'un prochain arrêt de groupe pour maintenance). La visite de garantie a été validée avec cette méthode d'inspection.



Figure 4 : Gros plan des éclats de peinture sur le moyeu de roue



Figure 5 : Vue de l'intrados d'une pale et de l'aillette anti-cavitation issue de l'étude de VOITH

Une seconde cession de vols a été réalisée dans la bêche spirale pour visiter l'extérieur des directrices. Ici encore, aucune dégradation n'a été constatée.



Figure 6 : Arrêt sur image du drone ; Directrices depuis la bâche spirale

Un vol d'essais a également été réalisé sur les guides d'eau et le batardeau amont. Ci-dessous une image de la jonction entre blindage du guide d'eau et le Génie Civil (plafond à ~ 7 m de haut).



Figure 7: Arrêt sur image du drone ; Jonction entre blindage du guide d'eau et le Génie Civil

La limite du drone est atteinte lorsque celui-ci tente de se rapprocher du batardeau amont. Quelques légères fuites sont visibles au niveau des joints latéraux. Ces fuites génèrent une petite brume dès que le drone s'approche trop près, la lentille est rapidement embuée et l'image n'est plus nette. De plus le drone n'est pas parfaitement étanche et certains éléments peuvent être détériorés.

2.2. Avis et retours d'expérience

Dans le cadre de cette visite, l'utilisation d'une prestation par drone était tout à fait adaptée. Voici ci-dessous un bilan des avantages et inconvénients :

Visite de roue classique	Visite de roue avec drone
<p>Possibilité de voir toucher et réaliser d'avantage de contrôle (ressuage, US etc...)</p>	<p>Possibilité de voir et d'enregistrer des zones inaccessibles même avec un échafaudage Meilleure vision d'ensemble</p>
<p>4 semaines d'arrêt nécessaires</p>	<p>1 semaine d'arrêt nécessaire</p>
<p>Pose et dépose ligne de vie : 1200€ Montage + démontage plancher : 6500€ Montage + démontage échafaudage : 3000€</p>	<p>Pose et dépose ligne de vie + contrôle cordiste : 1500€ Prestation drone : 2400€</p>
<p>Exposition au risque de chute de hauteur + manutention pendant le montage plancher et de l'échafaudage</p>	<p>Mise en place d'un garde corps pour supprimer le risque de chute de hauteur, accès physique limité à un cordiste</p>

Figure 8 : comparatif des solutions

Un dernier inconvénient de ce type de visite est le manque d'anticipation du rendu attendu. Le rapport de BV est accompagné des vidéos en 4K. Pour chaque vidéo d'une durée moyenne de 6 minutes, 4 Go de données sont à stocker. L'acquisition complète représente 55 Go de données.

Cela va de soit à présent mais il est plus pertinent de réaliser un bon repérage dans l'espace via une modélisation 3D ou un plan et prendre des photos pour réaliser convenablement une cartographie et l'enregistrer. Dans le cadre de cette visite de garantie, une fois la garantie validée (et les défauts repris), les vidéos n'ont pas d'intérêt à être gardées.

3. VISITE DE PORTES D'ECLUSES

3.1. Contexte

Les portes d'écluses sont régulièrement inspectées dans le cadre du Plan de Maintenance Local (PML). L'inspection de la structure s'effectue sous forme de cartographies des défauts. On cherche alors toutes les anomalies : détérioration du revêtement, corrosion, déformation, autres défauts de surface visibles. Elles sont caractérisées et évaluées pour prévoir les réparations à programmer. Les dimensions des portes d'écluses du Rhin sont de l'ordre de 15 m de haut pour une largeur de 12 m à 24 m selon les sas (respectivement petit et grand sas). Visualiser les recoins des structures pour réaliser les cartographies n'est pas toujours facile et pose régulièrement des problèmes notamment pour inspecter le seuil sous la porte. En effet, pour passer sous la porte dans le cadre de travaux, elle doit être consignée. Or la position consignée des portes levantes est généralement la position en sur-ouverture, porte posée sur ses chevêtres. Dans cette configuration, l'accès au seuil nécessite un échafaudage conséquent. L'entreprise TYÖ, spécialisée dans les travaux d'accès difficile nous a proposé un nouveau service de contrôle des écluses par drone.

3.2. La prestation

L'entreprise TYÖ a réalisé deux cartographies de portes d'écluse au cours de l'année 2022 : la porte aval du grand sas de Marckolsheim et la porte amont du sas Ouest de Kembs. Ces deux portes sont de type levantes.

Ci-dessous un aperçu de la porte amont du sas Ouest de Kembs dans la configuration utilisée pour la cartographie (à gauche vue depuis l'amont et à droite depuis l'aval) :



Figure 9: vues de la porte amont du Sas Ouest Kembs

Pour les contrôles, l'entreprise TYÖ met en œuvre l'ensemble de ses compétences et les équipements de mesure et de diagnostics suivants :

- Scanners 3D : LEICA Geosystems BLK 3D, BLK 360 et BLK2GO,
- Drone : Parrot ANAFI AI,
- Mesureurs d'épaisseur : ELCOMETER MTG ,
- Cordistes pour réaliser les mesures d'épaisseurs.

L'entreprise réalise un Scan 3D pour repérer les points de vue des captures d'image :

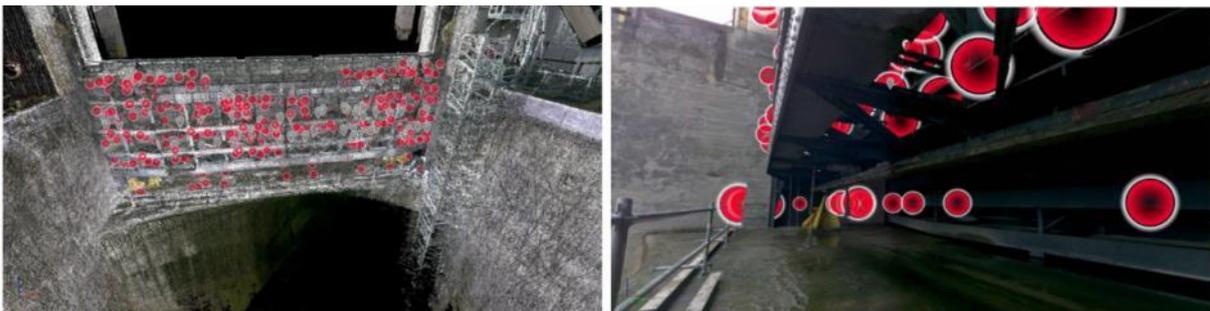


Figure 10: Repérage des points sur la structure par scan 3D

3.3. Avis et retour d'expérience

Les cartographies réalisées par l'entreprise TYÖ sont complètes. Dans son rapport TYÖ détaille et utilise des cotations de l'état de dégradation du revêtement et du degré d'enrouillement. De ce fait, le rapport ne se contente pas de livrer une liste de défauts mais intègre bien une part d'analyse.

Le recours à cette prestation sur les portes d'écluses présente plusieurs avantages :

- Pas d'échafaudage ni de consignation sur chevêtre nécessaire : génère un gain de temps, de coûts et facilite la planification de l'inspection avec les autres chantiers pendant l'arrêt de SAS,
- Les accès sur la porte sont limités au seul cordiste pour la réalisation de mesures ponctuelles, c'est un gain en sécurité pour l'ensemble des intervenants habituellement lors d'un diagnostic,
- La localisation des défauts relevés est précise et leur positionnement sur le scan3D réalisé permettra de comparer les évolutions avec les futures cartographies.

Les limites de la méthode :

- Le drone ne peut pas s'approcher de trop près des éléments de la porte (car pas de protection du drone en cas de contact) ce qui nécessite quand même l'accès du cordiste lorsqu'un défaut est repéré,
- Une supervision d'EDF reste nécessaire pour s'assurer de la bonne caractérisation des défauts.

4. BILAN ET PERSPECTIVES

Ces 2 types de prestations de visite par drone apportent des gains importants :

- Amélioration des conditions de sécurité puisque la majorité de l'intervention se déroule sans nécessiter d'accès d'un opérateur (risque de chute ou de passage sous une charge est évité),
- Délai puisqu'on économise le temps de pose et dépose d'échafaudage,
- Coût (dans la majeure partie du temps le coût reste moins élevé que la pose d'un accès),
- Qualité : les prises de vue sont de très bonne définition.

Ce type de visite par drone est de plus en plus répandu. Il y a cependant lieu de différencier les prestations de TYÖ et Bureau Veritas présentées dans cet article. L'entreprise TYÖ s'est dotée d'un drone conventionnel du commerce pour apporter une nouvelle dimension à leurs prestations de contrôles par des cordistes. L'entreprise Bureau Veritas a un service spécialisé en pilotage de drone qui réalise en parallèle du développement de leurs appareils.

Des améliorations sont en cours de développement telles que :

- L'intégration d'un tracker laser permettant des mesures précises,
- L'intégration d'un scan 3D pour scanner l'environnement dans lequel le drone évolue,
- L'intégration de mesureur d'épaisseur,
- L'intégration de système permettant de réaliser d'autres contrôles de surface tels que du ressuage,
- ...

Le développement des appareils est constant et des évolutions apparaissent rapidement, offrant de nouvelles possibilités intéressantes pour accéder à des zones exigües ou difficiles d'accès.