

DIEGO : UNE SOLUTION IOT EDF AU SERVICE DE LA SURVEILLANCE DES INSTALLATIONS HYDRAULIQUES

DIEGO : An EDF IoT solution for monitoring hydraulic installations

Corinne PERRIN, Thibaud ROUSSILLAT, Thibault LAVAL, Dalma KOVACS (Kaizen Solutions)

EDF DTG, 134, chemin de l'étang, 38950 - SAINT MARTIN LE VINOUX

corinne.perrin@edf.fr ; thibaud.roussillat@edf.fr ; thibault.laval@edf.fr ; dalma-externe.kovacs@edf.fr

MOTS CLEFS

IoT ; IIoT ; Capteur ; DIEGO ; Cybersécurité ; LoRaWAN ; Transformation Numérique ; Gestion de données ; Connectivité ; Cellulaire ; Satellite

KEY WORDS

IoT; IIoT; Sensor; DIEGO; Cybersecurity; LoRaWAN ; Digital Transformation ; Data management ; Connectivity ; Cellular ; Satellite

RÉSUMÉ

Le développement des outils numériques permet d'entrevoir des perspectives d'amélioration dans les domaines de la collecte et du traitement de données. La captation de données de qualité est un enjeu fondamental pour optimiser la maîtrise de l'outil industriel, bénéficier d'une connaissance précise et réactive des installations et avoir un suivi fin de l'état des parcs de production. De conception EDF, DIEGO est un objet connecté industriel et cyber-sécurisé qui propose une approche centrée sur l'utilisateur pour répondre de façon flexible aux justes besoins d'instrumentations. Complémentaire au contrôle-commande, il est simple à déployer, non intrusif et à un coût optimisé. Aujourd'hui, l'écosystème DIEGO permet d'effectuer des mesures de qualité sur l'ensemble des organes qui constituent une installation hydraulique pour garantir une surveillance adaptée aux enjeux industriels d'EDF Hydro. Cet article présente cet objet novateur, DIEGO, dont l'objectif principal est de faciliter l'acquisition de données sur tous types d'organes en exploitation, sur des paramètres de fonctionnement choisis. Cette solution participe à améliorer la sécurité, la sûreté et la performance et facilite la prise de décision dans les différentes phases d'exploitation des matériels (diagnostics, maintenance, etc.).

ABSTRACT

The development of digital tools allows prospects for improvement in data collection and processing. Collecting quality data is a fundamental goal to make the optimization of the control of the industrial tool possible, to benefit from precise and responsive knowledge of the installations and to have detailed monitoring of the state of the production parks. Designed by EDF, DIEGO is an industrial and cyber-secure connected object which offers a user-centered approach to respond flexibly to various instrumentation needs. Complementary to control-command, it is simple to deploy, non-intrusive and cost optimized. Today, the DIEGO ecosystem makes it possible to carry out quality measurements on all the organs that make up a hydraulic installation and which guarantee monitoring adapted to EDF's industrial challenges. This article presents DIEGO, whose main objective is to facilitate the acquisition of data on all types of organs in operation, on selected operating parameters. This solution helps improve security, safety and performance and facilitates decision-making in the different phases of equipment operation (diagnostics, maintenance, etc.).

INTRODUCTION

La captation et la transmission de mesures terrain restent complexes voire un défi pour de nombreux industriels. EDF Hydro, avec les spécificités de ses 84 Groupements d'Usines, 900 barrages, 491 usines, n'échappe pas à ce besoin essentiel de collecte de données automatisée et de qualité. Aujourd'hui, les outils numériques et la simplicité des technologies IoT (*Internet of Things* ou *Internet des Objets*) offrent une alternative et une aide indispensable pour les industriels, pour instrumenter rapidement et simplement une installation, quel que soit son contexte et ses contraintes, en s'appuyant notamment sur les infrastructures sans-fil et l'autonomie en énergie des systèmes.

Dès 2018, EDF Hydro a su prendre un nouveau virage : celui de la transformation numérique liée aux technologies de l'industrie 4.0. La solution IoT DIEGO, développée en interne EDF, a émergé en 2020 pour s'industrialiser au fur et à mesure de ses diverses installations. Simple à déployer, non intrusive, et à un coût optimisé, elle propose une approche centrée sur l'utilisateur pour répondre aux justes besoins d'instrumentations. L'écosystème DIEGO permet d'effectuer des mesures de qualité, présente un appui complémentaire au contrôle-commande et facilite la prise de décision dans les différentes phases d'exploitation des matériels (diagnostics, maintenance, ...).

Aujourd'hui, DIEGO s'affiche comme un atout pour l'entreprise qui pourrait augmenter sa performance d'exploitation, de production, mais aussi de sûreté si elle disposait de plus de données de terrain.

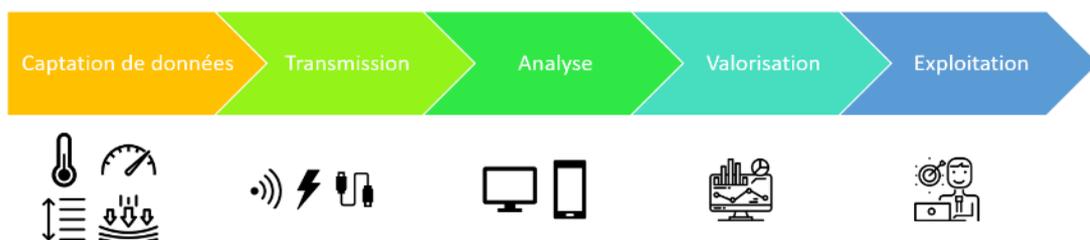
1. POURQUOI L'IIOT A EDF HYDRO ?

Par son environnement complexe et étendu, EDF Hydro est un terrain propice au développement et à l'utilisation des technologies IIoT (*Industrial Internet of Things*). Les cas d'usage indoor et outdoor étant nombreux, les solutions sont challengées afin de trouver/concevoir des solutions simples, à coût optimisé et permettant à l'exploitant d'effectuer lui-même le déploiement.

L'enjeu pour EDF Hydro est d'avoir un processus industriel autour de l'IoT pour tirer pleinement parti des bénéfices de ces technologies en s'appuyant sur les synergies du Groupe.

2. IOT VS. IIOT : DES OBJETS CONNECTÉS, DÉCLINÉS POUR L'INDUSTRIE

L'IoT (*Internet of Things* ou *Internet des Objets*) combine des objets (capteurs), des solutions de connectivité et des infrastructures de stockage afin de récolter des données du terrain et in fine de créer de la valeur.



Chaîne de valeur IoT

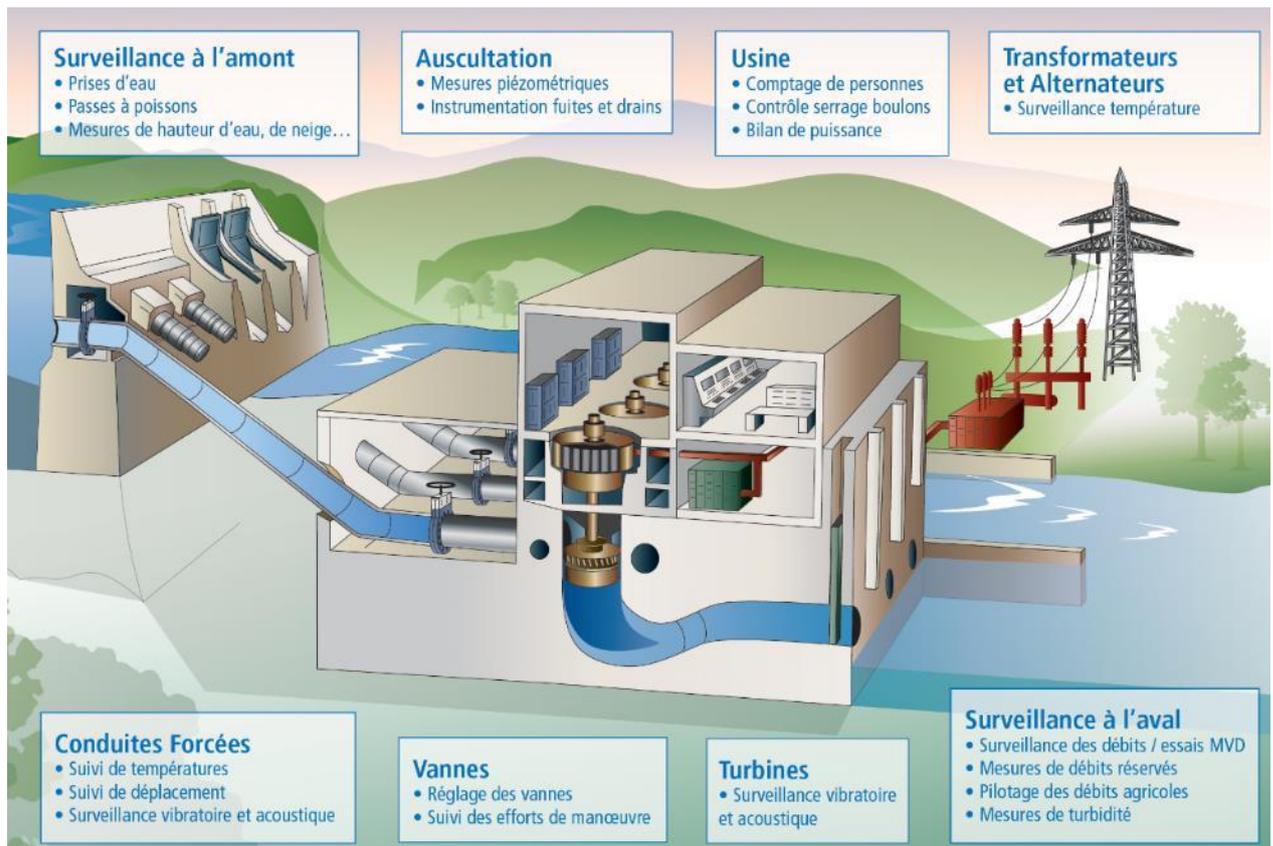
IIoT signifie "Industrial Internet Of Things". Dans le milieu industriel, des exigences supplémentaires apparaissent comme la cybersécurité, la capacité d'un produit à fonctionner avec d'autres systèmes ou à s'intégrer à ceux existants, la tolérance aux milieux contraints, la fiabilité et la disponibilité ou encore le haut niveau de performance attendue en exploitation et en maintenance.

3. LE PROGRAMME EAS'HY, ACCELERATEUR D'INNOVATION

EDF Hydro lance une nouvelle démarche ambitieuse de Transformation Numérique dès 2018.

Au cœur de cette démarche, le programme EAS'Hy voit le jour pour proposer des solutions IoT industrielles et innovantes qui répondent aux besoins des producteurs hydrauliques, contribuant ainsi à réduire l'utilisation de solutions IoT du commerce, souvent non adaptées au contexte industriel, et à limiter les risques en matière de sécurité informatique liés à des initiatives locales et des solutions non maîtrisées (shadow IT).

L'objectif : instrumenter de façon raisonnée le patrimoine, même les organes les plus sensibles, pour le protéger et anticiper les problèmes.



Exemple d'instrumentations réalisables grâce aux solutions EAS'Hy

Facilement installables, les solutions EAS'Hy sont en mesure de répondre à un large éventail de problématiques métier, liées à la mesure ou à la surveillance.

4. L'HISTOIRE DE DIEGO

Imaginez une crue exceptionnelle sur le Rhin. La retenue créée par le barrage agricole de Kehl, habituellement presque à sec, est sollicitée pour stocker jusqu'à 37 Mm³ d'eau pour protéger les populations. Le Centre de Conduite et de Surveillance Hydraulique (CCSH) demande au Groupement d'Usines de Strasbourg-Gerstheim de réaliser une tournée de relevés des piézomètres (mesure de hauteur d'eau) toutes les 6 heures, 24 heures sur 24, pendant toute la durée de la rétention de crue, qui peut s'étaler sur plusieurs semaines. Cette tournée prend plus de 4 heures, et sollicite 2 personnes, dans un contexte d'exploitation hydraulique déjà tendu et une météorologie parfois rude.

Le technicien principal d'exploitation référent, lance l'idée d'implanter des piézomètres communicants. Il consulte des fabricants, des utilisateurs (Voies Navigables de France) et les ingénieries EDF, via le programme IIoT d'EDF Hydro.

Une analyse de l'offre d'objets connectés sur le marché montre un décalage avec les attentes des acteurs industriels :

- Le marché est très volatile : les produits et solutions évoluent rapidement, comme les entreprises qui les proposent ;
- La probabilité d'une dispersion des solutions techniques externes déployées est forte ;
- Les offres sont souvent adossées à un SI externe, lié à un cas d'usage ; la multiplication des applications est un irritant sur le terrain et le stockage de données hors de l'entreprise un frein pour les DSI ;
- Les objets connectés du marché constituent également une faiblesse en matière de cybersécurité.

Face à ce constat, aux volumes d'instrumentation probables et aux enjeux identifiés, le choix est fait de développer une solution en interne, DIEGO, avec le programme EAS'Hy.

La réflexion autour de la transmission de données et la télémesure de piézomètres est née mi-2020 et a abouti, dès février 2021 à l'installation de 84 DIEGO sur le Groupement d'Usines de Strasbourg-Gerstheim pour réaliser des mesures de hauteur et de température d'eau.

5. LE DEVELOPPEMENT DE DIEGO, PRODUIT IIOT 100% INTERNE EDF

Pour répondre à la demande d'Hydro Est, le programme EAS'Hy se base sur les connaissances et convictions acquises au cours des différents POC, développements techniques et installations réalisés depuis 2018 et notamment sur la volonté d'avoir un capteur générique maîtrisé en interne et déclinable pour répondre aux différents besoins des utilisateurs.

Un système générique, modulaire & intelligent...

Comme un LEGO®, DIEGO peut se combiner avec différents types de capteurs, voire être utilisé comme tête de communication de plusieurs capteurs, pour répondre aux enjeux des exploitants. Il est configurable via une application smartphone.



Les différents formats de DIEGO

DIEGO propose une approche centrée sur l'utilisateur pour répondre de façon flexible aux justes besoins d'instrumentations complémentaires au contrôle-commande, à un coût optimisé.

... autonome en énergie...

L'énergie est une composante importante de l'environnement IoT ou IIoT : les capteurs sont autonomes en énergie mais cela leur impose une sobriété énergétique. Cette problématique a été intégrée dès la conception de DIEGO, qui fonctionne sur pile, avec une autonomie annoncée variant entre 3 et 10 ans, en fonction des usages et de la fréquence d'envoi des données.

... sans-fil...

Dans le domaine industriel, l'intérêt principal des objets connectés porte sur l'absence de câble pour l'énergie comme pour la communication ce qui offre plusieurs avantages comme : la baisse des coûts et la facilité d'installation et de maintenance, la réduction du risque sur l'installation existante lors des travaux.

Pour DIEGO, dans sa première version, le choix s'est porté sur la communication radio LoRaWAN (Long Range Wide Area Network), qui offre une connectivité robuste avec une faible consommation d'énergie, avec une transmission de données peu fréquente.

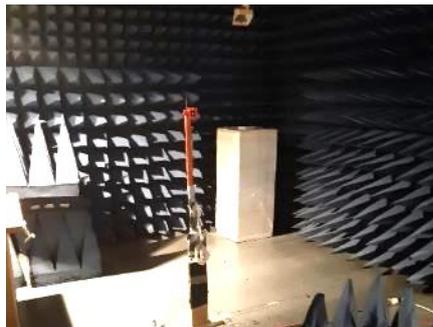
De nouvelles versions de DIEGO, basées sur une transmission cellulaire ou satellite, sont en cours de développement pour être en mesure de répondre à de nouveaux usages.

... de qualité industrielle et cyber-sécurisé

Les solutions développées devant répondre à des contraintes opérationnelles fortes et aux enjeux majeurs des parcs de production, il était indispensable de penser un produit de qualité industrielle :

- capacité de fonctionner dans les environnements les plus contraints (à proximité d'un alternateur par exemple) ;
- robustesse et performance des différents composants du produits (boîtier, antenne, composants internes) ;
- anticipation des certifications (radio/CEM, CE) ;
- etc.

Pour la conception et les tests, l'équipe de développement s'est appuyée à la fois sur le département R&D du Groupe EDF et sur des partenaires externes, pour valider la fiabilité de DIEGO avant un déploiement sur site.



Tests CEM/Radio en laboratoire à Grenoble

Avec une augmentation du nombre d'objets connectés et de leur importance au sein du milieu industriel, la sécurité des données est une préoccupation majeure. Protéger ces données contre les cyberattaques, les fuites ou les manipulations est essentiel pour maintenir la confiance des parties prenantes et protéger l'image de l'entreprise. Pour cette raison, la cybersécurité a été intégrée dès le début du projet DIEGO dans les réflexions et les choix techniques, en partenariat avec le RSIS EDF Hydro et la R&D. Plusieurs audits par des sociétés extérieures ont été réalisés et sont en cours, dans l'objectif du passage d'une Certification de Sécurité de Premier Niveau (CSPN), décernée par l'Agence Nationale de la Sécurité des Systèmes d'Information (ANSSI) qui vise à attester de la robustesse d'un produit technologique et qui fait figure d'autorité nationale en matière de cybersécurité.

6. QU'EST-CE QUI DIFFERENCIE DIEGO ?

DIEGO propose une offre en mode « Data As A Service », très recherchée par les utilisateurs.

- **Simplicité** : Une solution conçue pour être simple et rapide, à installer et à maintenir (Mode Plug & Play) – notamment grâce à l'application mobile qui permet :
 - la réalisation et la lecture de mesures en instantané ;
 - la modification des paramètres (période d'acquisition, nombre de mesures, etc.) ;
 - la consultation des valeurs courantes (taux d'humidité, température internes, % batterie, etc.) ;
 - la mise à jour du DIEGO ;
 - le déchargement du stockage des données dans le DIEGO, en parade au risque de perte de paquets lors des transmissions de données ;
- **Adaptabilité** : Une solution modulaire qui assure une adaptabilité en réponse aux différents cas d'usage tout en gardant un cœur standard ;
- **Flexibilité** : Une solution de bout-en-bout de la captation à la visualisation. Les données captées et transmises par DIEGO sont mises à disposition de l'utilisateur via des applications déjà présentes dans le SI du Groupe. L'objectif est bien de venir insérer des données supplémentaires dans les process et outils déjà existants, pour contribuer à l'optimisation des prises de décision ;
- **Fiabilité** : « Secure by design » Une solution répondant aux contraintes du domaine industriel avec un haut niveau de disponibilité (CEM, environnement difficile, Cybersécurité, etc.)

L'objectif : que l'IoT reste un moyen de répondre efficacement à un besoin métier.

7. L'IOT, LEVIER D'EXCELLENCE OPERATIONNELLE : RETOUR SUR 3 EXEMPLES

Depuis la première installation début 2020 sur le GU de Strasbourg-Gerstheim, plus de 150 DIEGO ont été déployés sur les parcs hydraulique (surveillance piézométrique de barrages et de digues, surveillance de la remise en eau de galeries, surveillance des débits réservés, télé auscultation d'ouvrages, surveillance de conduites forcées) et nucléaire.

Les enjeux des instrumentations sont de plus en plus forts : exigences réglementaires, enjeux patrimoniaux ou de production.

Les paragraphes suivants proposent un retour sur trois exemples significatifs de cas d'usage pour lesquels l'IIoT a été un levier de performance en permettant de répondre, très rapidement (quelques jours d'installation maximum pour des affaires finalisées en quelques semaines), à moindre coût et de façon efficace, à des problématiques variées.

7.1.Prise d'eau d'Arises – Hydro Sud-Ouest

Besoins & Enjeux :

- Instrumenter la prise d'eau, dépourvue de moyen télécom et d'accès à l'énergie, afin de contrôler la bonne restitution du débit réservé (exigence des services de la DREAL) ;
- Alerter les exploitants lorsque le débit réservé de la prise d'eau n'est pas restitué ;
- Se conformer aux exigences réglementaires sur la bonne restitution des débits et optimiser les interventions / déplacements des exploitants, tout en gagnant en réactivité en cas de non-restitution du débit réservé.

Situation géographique :

Prise d'eau d'Arises, Aménagement de Artigues, GU Campan, Hydro Sud-Ouest. Cette prise d'eau est située en montagne (1560 m, rudes conditions de froid en hiver) et accessible uniquement à pied, en une vingtaine de minutes depuis le barrage de Castillon, lui-même à 25 minutes en voiture de l'usine de Campan où se trouvent les bureaux du GU.

Instrumentation réalisée :

Afin d'assurer la couverture radio de la prise d'eau de Arises, une passerelle LoRaWAN est installée sur le barrage de Castillon. L'instrumentation consiste à réaliser la mesure du niveau amont de la prise d'eau ainsi que du niveau d'eau présent dans le bac de restitution du débit réservé. L'étude radio, l'installation du matériel, et la formation de l'exploitant ont pu être réalisées en 1 jour. Les données sont visualisables dans le SI EDF et une alarme est envoyée par e-mail quand le débit réservé passe sous le seuil admissible.



Tube DIEGO dans le bac de restitution du débit réservé



Tube DIEGO à l'amont des grilles d'entonnement



Installation du DIEGO dans son tube

La mesure du niveau amont permet de collecter des informations sur les entrants de la prise d'eau afin d'optimiser son exploitation, d'optimiser les tournées et de générer des gains de performance.

7.2. Galerie de l'Échaillon – Hydro Alpes

Besoins & Enjeux :

La galerie de l'Échaillon a subi un désordre géologique, avec pour conséquence une mise hors d'eau anticipée et des fuites que l'exploitant doit surveiller, appuyé par les ingénieries. Des travaux d'injection ont été réalisés en urgence, pour rétablir l'intégrité structurelle du revêtement et diminuer les possibilités de circulation d'eau à proximité de la fenêtre de l'Échaillon.

L'écosystème DIEGO a été déployé pour :

- Instrumenter le débit de fuite de la galerie de l'Échaillon ainsi que le piézo Arc2 de l'usine de Trimet, dépourvus de moyen télécom et d'accès à l'énergie, pour s'assurer qu'il n'y ait pas de fuite lors de la remise en eau de la galerie ;
- Alerter les ingénieries et les exploitants en cas de fuite potentielle.

Situation géographique :

Fenêtre de l'Échaillon (accès à la galerie d'Hermillon), Aménagement d'Hermillon, GU Hermillon, Hydro Alpes.

Instrumentation réalisée :

Afin d'assurer la couverture radio de la fenêtre de l'Échaillon, une passerelle LoRaWAN a été installée sur le toit de l'usine. L'instrumentation consiste à réaliser la mesure du niveau d'eau dans le bac de collecte des fuites présent à la sortie de la fenêtre de l'Échaillon via deux dispositifs DIEGO avec sondes (le matériel est doublé pour garantir un haut niveau de disponibilité). Une deuxième instrumentation est réalisée via un dispositif DIEGO avec sonde permettant de mesurer la hauteur d'eau de la nappe dans le piézomètre Arc 2. L'étude radio a été réalisée sur une demi-journée. L'installation du matériel et la formation de l'exploitant ont pu être réalisées deux semaines plus tard, en 1 jour.



Sondes Keller, fixées au fond du bac de fuite



2 DIEGO reliés aux sondes

Les données sont visualisables dans le SI EDF et une alarme est envoyée par e-mail quand une présence d'eau est détectée.

La rapidité de déploiement de la solution a permis de générer des gains immédiats de performance en accélérant la remise en eau de la galerie.

En effet, l'exploitant a pu voir le bénéfice de cette installation très rapidement ; plusieurs mails d'alerte ont été reçus, correspondant à une hausse du niveau d'eau dans le bac de collecte des fuites de la fenêtre de l'Échaillon au-delà du seuil fixé par les ingénieries. Les deux DIEGO confirment bien cette hausse. Une vérification à la webcam confirme la présence d'eau. Le GU envoie une équipe sur place pour faire les constatations et prendre les mesures nécessaires pour suivre l'évolution du phénomène, de façon optimisée, grâce au suivi régulier permis par les DIEGO.

7.3. Barrage de Cottepens II – Hydro Alpes

Besoins & Enjeux :

Hydro Alpes a souhaité instrumenter les piézomètres du barrage de Cottepens II afin de surveiller l'ouvrage de façon continue dans certaines conditions particulières de fonctionnement nécessitant un suivi rapproché de celui-ci (déversement notamment). Jusqu'à présent, l'altitude des barrages (>2100m : neige) et l'accès uniquement par hélicoptère ne permettaient pas d'avoir des mesures à l'année, notamment à cote haute en début d'hiver. L'écosystème DIEGO a été déployé pour :

- Réaliser une télémessure d'auscultation, via 6 piézomètres connectés grâce à la solution DIEGO, pour suivre, à l'année et en limitant les déplacements sur site, l'évolution du niveau d'eau du barrage de Cottepens (débordement possible lors de la fonte des neiges) ;
- Alerter les exploitants lorsque les niveaux d'eau dépassent le seuil défini par DTG.

Situation géographique :

Barrage de Cottepens II (Les 7 Laux), GU Breda-Cheylas, Hydro Alpes.

Instrumentation réalisée :

Installation d'une Gateway au Barrage du Carré et instrumentation de 6 piézomètres au barrage de Cottepens II, en 2 journées.

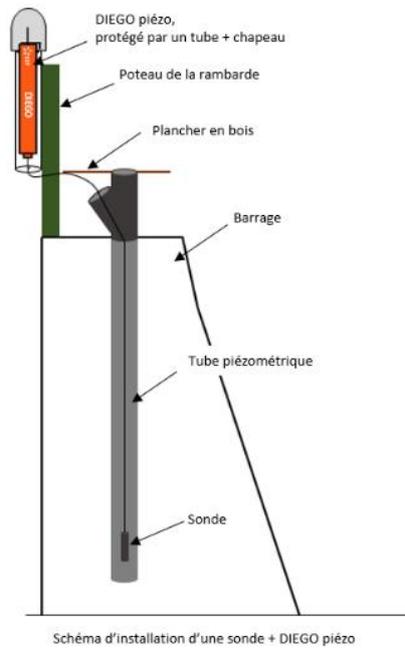


Photo sur site du DIEGO piézo dans son tube

Les données sont visualisables dans le SI EDF. Des gains de sûreté, des gains financiers et des gains liés à l'environnement devraient être générés en optimisant les rotations en hélicoptère nécessaires à la surveillance du barrage. L'accès à des données de suivi à l'année devrait également permettre des gains de performance.

8. LES PERSPECTIVES DE DIEGO

Rapidement, les retours terrain confirment le potentiel de la solution. En plus de répondre aux besoins des exploitants, DIEGO est générateur de nombreux gains, comme décrit à travers les différents cas d'usage présentés :

- Gains de **sécurité**, en optimisant le nombre de tournées et le type / la durée des chantiers ;
- Gains **financiers**, l'écosystème ne nécessitant ni tirage de câbles ni gros œuvre ni d'indisponibilité des organes instrumentés ;
- Gains de **performance**, en optimisant la disponibilité des moyens de production ;
- Gains de **sûreté** : sur la stabilité des digues en crue, la surveillance des ouvrages, la surveillance des contraintes des conduites forcées...
- Gains au niveau de l'**environnement** : en optimisant l'utilisation de moyens de locomotion comme la voiture ou l'hélicoptère, ou le transport de gros engins de chantier.

Une bonne raison pour étendre le système et répondre aux nombreux besoins de mesure à distance - tant pour EDF Hydro et le Groupe, que pour l'externe.

Lauréat du prix d'innovation interne EDF Pulse, DIEGO a pour objectif de proposer un produit pour tous les domaines métiers y compris en dehors de l'hydraulique, facilement et rapidement installable et maintenable, en autonomie quasi complète de l'utilisateur.

Les premières sollicitations par le parc nucléaire arrivent fin 2021 avec une demande d'installation de DIEGO pour surveiller le risque FRASIL aux abords des CNPE. En 2023, une version de DIEGO a été développée pour surveiller la température et l'humidité dans certaines salles des CNPE. Dans ce cadre, 16 DIEGO ont été déployés au CNPE de Cruas et 3 au CNPE de Blayais. Les données captées sont directement remontées et visibles dans NOVA. Les perspectives 2024 sont intéressantes et en cours de contractualisation.

Aujourd'hui, l'écosystème DIEGO permet d'effectuer rapidement des mesures de qualité qui pourront être exploitées demain de façon performante en s'intégrant dans les démarches Groupe autour de la Donnée (structuration, modélisation, IA, jumeau numérique, etc.).

Demain, le défi sera de réussir le passage à l'échelle de ces solutions, en élargissant les champs d'applications, et en industrialisant les process de fabrication pour répondre à l'accélération attendue dans les déploiements.