

1- Diadès a réalisé l'inspection détaillée périodique du pont de Tarascon Beaucaire.

© DR

DIADÈS

LA SCIENCE DU DIAGNOSTIC ET L'INGÉNIERIE DE LA DURABILITÉ, AU SERVICE DES STRUCTURES ET OUVRAGES D'ART DE GÉNIE CIVIL

REPORTAGE DE MARC MONTAGNON

DIAGNOSTIC DES STRUCTURES ET DES OUVRAGES DE GÉNIE CIVIL, AVEC PRÉCONISATIONS DE RÉPARATIONS ET ÉTUDE PROSPECTIVE SUR LEUR DURABILITÉ, TELS SONT LES PRINCIPAUX DOMAINES D'INTERVENTION DE DIADÈS, UNE PME FILIALE DU GROUPE SETEC, QUI COMPTE AUJOURD'HUI PRÈS DE 20 PERSONNES ET RÉALISE PLUS DE 1,5 M€ DE CHIFFRE D'AFFAIRES. TOUTES CES ÉTUDES SONT MENÉES AVEC LES MOYENS D'INVESTIGATIONS ET D'INGÉNIERIE LES PLUS SOPHISTIQUÉS. UN DRONE A RÉCEMMENT ÉTÉ SPÉCIALEMENT MIS AU POINT PAR L'ENTREPRISE POUR L'INSPECTION DES STRUCTURES DE GRANDE HAUTEUR, DONT LES INFORMATIONS SONT TRAITÉES PAR UN LOGICIEL SPÉCIFIQUE DIA-MAP®, DÉVELOPPÉ EN INTERNE, POUVANT AINSI LES ANALYSER ET LES POSITIONNER SUR UN MODÈLE 3D DE LA STRUCTURE.

« Tout a commencé en 2009, indique Christophe Raullet, Directeur général de Diadès, à l'initiative d'ingénieurs et de directeurs du groupe Setec, auquel est intégrée l'entreprise. Notre but était de créer une ingénierie neutre et indépendante, afin de pallier le devenir de

l'ingénierie publique dans ce domaine de la maintenance de notre patrimoine, où très peu de référentiels existent, et où la complémentarité Structures et Matériaux est indispensable ».

Les cinq collaborateurs du départ sont aujourd'hui une vingtaine basés à Aix-en-Provence et à Lyon, et le chiffre

d'affaires de la société est passé de 530 000 euros en 2009 à plus de 1 400 000 euros en 2011.

Autour du diagnostic de structures de génie civil, Diadès met en œuvre plusieurs types de missions.

La première concerne son métier de base : l'ingénierie du diagnostic, de la

maintenance, des études de réparation et de durabilité des ouvrages d'art - piles, tabliers, tunnels et barrages... - mais aussi des ouvrages de génie civil industriels tels qu'usines, silos et cheminées ainsi que des ouvrages maritimes, notamment les quais et digues. À ceci s'ajoute le conseil et l'assistance



© DR 2



3



4

auprès de maîtres d'ouvrage publics et privés dans la gestion de leur patrimoine, en incluant la maintenance, l'entretien, la pathologie, le diagnostic et les interventions préconisées pour assurer leur durabilité.

Le troisième volet d'activité de Diadès concerne la recherche en partenariat avec des organismes habilités toujours dans des domaines similaires, c'est-à-dire la maintenance, le comportement et la durabilité des structures.

DES ÉQUIPES COMPLÉMENTAIRES ET DYNAMIQUES

L'ensemble du personnel de la société est composé d'hommes et de femmes spécialisés dans l'expertise, le diagnostic et les études de réparation des ouvrages de génie civil.

Il s'agit d'experts issus du réseau technique du Ministère de l'Équipement, de chefs de projet provenant des grandes ingénieries françaises, d'ingénieurs et de techniciens formés dans les meilleures écoles spécialisées ou ayant suivi une formation et un compagnonnage interne. La complémentarité de ces équipes dynamiques permet à Diadès de réaliser des missions couvrant l'ensemble des phases d'une opération relevant de ses domaines d'intervention, depuis la gestion du patrimoine jusqu'à la maîtrise d'œuvre et d'interventions en phase « travaux ».

DES ÉQUIPEMENTS ET MATÉRIELS SPÉCIFIQUES

Les deux agences de la société sont dotées d'un matériel spécifique répondant à l'ensemble de leurs besoins. Outre les logiciels de calculs performants tels que Pythagore, ST1, Ansys, CDS, Robot Millenium..., Diadès dispose également des moyens d'accès de tous types permettant une lecture directe des pathologies au contact des structures, et notamment un drone qui

2- La visite du tunnel des Grands Goulets dans la Drôme, a été réalisée à l'aide d'une nacelle négative de 22 m mobile.

3- Inspection détaillée des ouvrages d'art de l'autoroute A65 Langon/Pau sur le réseau A'Liéonor (Autoroute de Gascogne).

4- Contrôle des investigations à l'arbalète sur les 35 VIPP du réseau ASF construits entre 1963 et 1970.

5 & 6- Diagnostic complet de la structure de la passerelle du PL1 du pipeline Sud-Européen à la traversée de la Durance.

a été récemment mis en œuvre lors de l'inspection des piles du viaduc de Millau.

En effet, si Diadès utilise pour ses inspections des logiciels et moyens performants mais « classiques » que nous venons d'évoquer, elle a aussi développé, en partenariat avec Novadem, un drone permettant un diagnostic précis de l'état des ouvrages d'accès difficile. Par exemple, pour inspecter les 84 000 m² de surface extérieure des piles du viaduc de Millau, dont la plus haute culmine à 245 m de hauteur, Diadès a mis en œuvre un drone quadripale de moins de 2,5 kg, entièrement démontable et donc facilement transportable, équipé d'un appareil photographique numérique couvrant des focales de 35 à 100 mm.

PRÉSERVER L'AVENIR DU PATRIMOINE

L'activité de Diadès s'inscrit dans un contexte de développement durable, afin de transmettre aux générations futures un patrimoine existant dans le meilleur état possible. Quelques exemples d'interventions récentes illustrent cette volonté de participer à sa conservation.

PIPELINE SUD-EUROPÉEN : LA NOUVELLE VIE D'UN OLÉODUC DES ANNÉES 60

La Société du Pipeline Sud-Européen (SPSE) exploite un oléoduc, veine énergétique de l'Europe, qui assure l'approvisionnement des raffineries et d'une plate-forme pétrochimique sur l'axe Fos-Lyon-Karlsruhe (769 km).

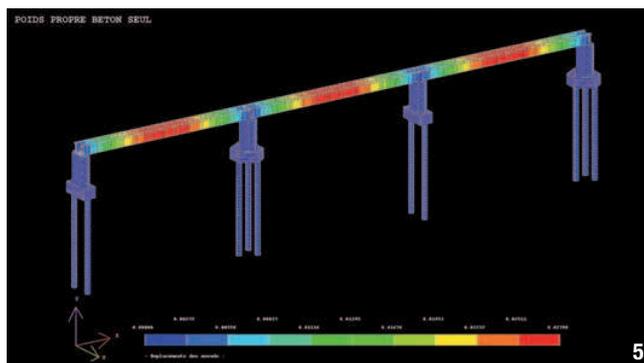
L'oléoduc a été construit en 1962, et exploité jusqu'au milieu des années 80. Au Sud d'Avignon, dans sa partie aérienne, il est soutenu par un ouvrage en béton précontraint traversant le lit majeur de la Durance.

Dans le cadre de sa remise en état, la question du passage aérien de la Durance s'est posée très rapidement. En effet, par application de l'article 9.1 de l'arrêté du 4 août 2006 réglementant la sécurité des pipelines, l'accord de l'Administration est nécessaire au maintien de l'ouvrage aérien.

Afin de permettre la ré-exploitation de cette conduite, SPSE a souhaité que l'ouvrage respecte notamment la nouvelle réglementation sismique.

Elle a donc missionné Diadès afin d'effectuer d'une part, un diagnostic complet de la structure avec le LERM (Laboratoire d'Etudes et de Recherche sur les Matériaux) et d'autre part, un renforcement structurel pour pérenniser l'ouvrage et permettre la reprise des sollicitations sismiques.

La conception envisagée par Diadès a ainsi pu répondre à deux problématiques :



5



6



© EIFFAGE CERIM, FOSTER & PARTNERS, DIADÈS

→ Renforcer le tablier et les piles pour permettre la reprise des sollicitations sismiques sans renforcer les fondations.
→ Concevoir un renforcement particulier pour augmenter la durabilité de l'ouvrage en optimisant la géométrie de la précontrainte extérieure additionnelle palliant ainsi à d'éventuels défauts ultérieurs de la précontrainte interne au béton.

De ce fait, l'ouvrage fait actuellement l'objet d'un renforcement statique et dynamique original avec une précontrainte additionnelle servant à la fois à l'attelage des travées mais également au renforcement dynamique sous séisme vertical et au renforcement statique suivant la durabilité de la précontrainte intérieure. Cette précontrainte additionnelle pourra en l'occurrence être retirée si nécessaire, mais elle peut par ailleurs être démontée en cas de maintenance lourde nécessaire sur l'ouvrage au niveau du pipe.

RÉSEAU ASF : 35 VIPP DIAGNOSTIQUÉS EN DÉTAIL

À l'issue d'une étude LCPC/CETE réalisée pour le compte de l'ASFA et dans le cadre de la surveillance de ses ouvrages à risques, ASF a réalisé une campagne très importante d'investigations à l'échelle nationale sur ses VIPP (viaducs à travées indépendantes à poutres précontraintes) construits entre 1963 et 1970.

DES DÉVELOPPEMENTS D'AIDE À L'INSPECTION

Le poste de pilotage du drone permet non seulement une aide au pilotage mais offre des développements spécifiques d'aide à l'inspection :

- **Programmation de vols géo-référencés,**
- **Retour en direct de l'image avec la possibilité d'appliquer des filtres rehausseurs de défauts rendant les fissures plus visibles,**
- **Programmation d'une prise de photo automatique paramétrable pour assurer une image photographique continue de la structure.**

En tant qu'assistant à maîtrise d'ouvrage, Diadès a établi les DCE des investigations des 35 VIPP concernés, ainsi que les procédures et le contrôle du bon déroulement de toutes les investigations (fenêtres, essais à l'arbalète, endoscope, prélèvements et essais physico-chimiques, radar...).

Les missions de Diadès ont consisté à définir, suivre, connaître et contrôler *in situ* toutes les investigations spécifiques propres aux VIPP qui sont à considérer comme des ouvrages sensibles. Le bon déroulement de ces opérations a conduit, notamment, à la nécessité de traiter certains ouvrages après la découverte de problèmes de natures diverses et a permis de préconiser les actions de maintenance ad hoc afin de sécuriser le réseau.

PLAN RAIL AUVERGNE : 4 VIADUCS HISTORIQUES

Dans le cadre de la maîtrise d'œuvre du Plan Rail Auvergne réalisée par Setec pour le compte de RFF, la société Diadès a en charge le diagnostic des quatre viaducs métalliques du XIX^e siècle situés sur la ligne Lavaufranche/Saint-Germain-des-Fossés et dont deux sont inscrits au titre du patrimoine des monuments historiques. La mission a consisté, après le recueil et l'analyse des archives des viaducs, à réaliser un programme d'investigations et de diagnostic complet comprenant



CHRISTOPHE RAULET, DIRECTEUR GÉNÉRAL DE DIADÈS

les relevés dimensionnels et les inspections de l'ensemble des structures métalliques à partir de techniques acrobatiques, à réaliser le diagnostic anticorrosion et les contrôles par magnétoscopie, à prélever des échantillons et les analyser en laboratoire, à mettre au point un modèle de calcul par ouvrage sous le logiciel Pythagore avec la collaboration de Setec TPI, à définir un programme d'essais de chargement et à réaliser des épreuves statiques. Les modèles ainsi calibrés, et correspondant à la réalité du fonctionnement des ouvrages, ont permis d'étudier au mieux les réparations dans les délais de fermeture impartis de la ligne.

VIADUC DE MILLAU : UNE INSPECTION AÉRIENNE INÉDITE

La surveillance et le contrôle des infrastructures d'une autoroute font partie des obligations de son exploitant. Pour le viaduc de Millau, exploité par la CEVM (Compagnie Eiffage du Viaduc de Millau), ce programme imposé se déroule sur des cycles de 6 ans.

L'ouvrage ayant été inauguré en décembre 2004, le premier cycle a démarré en 2005 par une première grande visite d'inspection détaillée initiale dont l'objectif était de réaliser une photo instantanée du viaduc immédiatement après sa mise en service.

2011 marquait 6 ans plus tard l'année d'une deuxième grande visite afin d'établir un nouveau « cliché général » et de contrôler les évolutions de la structure par rapport à l'état initial du viaduc. Cette prestation a été confiée à Diadès. Elle a duré deux mois et a mobilisé jusqu'à neuf équipes d'inspecteurs pour un total de 3 000 heures de travail.

Du fait des dimensions exceptionnelles de l'ouvrage - la pile P2 a une hauteur de 245 m - l'intervention de Diadès a



LE DRONE DIADÈS : CHIFFRES-CLÉS

POIDS : 2,5 kg

DIMENSIONS : 1,30 m x 1,30 m

VITESSE DE MONTÉE : 4 m/s

VENT ADMISSIBLE : 12 m/s

AUTONOMIE : 20 à 30 minutes suivant les conditions, soit un balayage de 100 m²

HAUTEUR D'INSPECTION RECORD : 245 m

7- Le drone à l'approche du viaduc de Millau.

8- Le drone développé spécialement par Diadès en partenariat avec Novadem.

9- Visite du tablier du pont de Beaucaire Tarascon à l'aide d'une nacelle négative de 15 m.

10- Une équipe de Diadès en intervention pour le diagnostic des ouvrages métalliques de 1870.

fait appel à des techniques classiques telles que des cordistes pour l'inspection de l'extérieur des pylônes et de l'intérieur des piles ainsi qu'une passerelle à déport négatif pour accéder, depuis la chaussée, à la sous-face du tablier. Mais elle a également permis à Diadès de mettre en œuvre une technique singulière pour inspecter les quelque 84 000 m² de la surface développée par les sept piles : un drone quadripale entièrement radiocommandé par ordinateur. « Cette machine en carbone a été réalisée spécialement par Novadem selon notre cahier des charges pour la campagne d'inspection du viaduc de Millau. L'un de ses avantages est qu'il rend inutile l'utilisation de caméras lourdes équipées de zooms puissants

ou à des cordistes, qui ne disposent pas toujours des compétences requises en matière d'inspection et de diagnostic des structures ».

Ce drone est guidé depuis le sol par deux opérateurs intervenant chacun sur un ordinateur : un pilote de l'engin et un inspecteur dirigeant les investigations en fonction des images que restituent les écrans de contrôle et dans lesquels sont intégrées des méthodes de mesures et d'évaluation des défauts. À partir des informations de chaque photo, le logiciel va pouvoir ensuite les traiter et les positionner sur un modèle 3D de la structure. Le logiciel traite les images pour corriger les déformations dues aux variations des conditions de prise de vue.

Le logiciel permet ensuite de relever les défauts directement sur les photos et de reproduire la cartographie précise des pathologies.

À noter que le drone assure le traitement autant des désordres isolés que de ceux qui relèvent d'une pathologie globale de la structure. Capable d'atteindre une hauteur de 245 m en deux minutes, il dispose d'une autonomie de 20 à 30 minutes. Il est équipé d'un système de visée télémétrique laser et d'un dispositif de compensation lui permettant de demeurer stable, même avec des bourrasques atteignant 12 m/sec.

Dans la pratique, pour les piles du viaduc de Millau, par exemple, l'inspection a commencé par un balayage général de la structure comprenant de l'ordre de 4 000 clichés. Puis les photos ont été positionnées sur un modèle 3D. Ensuite, pour contrôler d'éventuelles pathologies, une seconde phase d'investigations peut être programmée. Dans ce cas, le drone se pose immédiatement sur la zone suspecte grâce à un dispositif de géolocalisation des photos. □

