



INNOVATION & TECHNOLOGIE

Drone Didro durant un vol d'acquisition sur digue - © Camille Julio-IFSTTAR

DIDRO : DES DRONES POUR LA SURVEILLANCE ET LE DIAGNOSTIC DES DIGUES

Rémy Tourment, ingénieur chercheur Génie civil, chef de mission Dignes, IRSTEA.

Guillaume-Alexandre Sab, coordinateur et rédacteur du guide méthodologique DIDRO, IRSTEA.

Les inondations sont le risque naturel le plus fréquent et le plus meurtrier, en France comme dans le monde, que les digues permettent de maîtriser, mais celles-ci nécessitent néanmoins une surveillance régulière et plus particulière pendant les événements. DIDRO, système de reconnaissance des digues par drone, permet d'obtenir des informations topographiques, visuelles et infrarouges qui vont alimenter le diagnostic de ces ouvrages.

Les inondations sont le risque naturel le plus fréquent et le plus meurtrier, en France comme dans le monde. Celles ayant suivi la tempête Xynthia ou les crues des cours d'eau depuis 1993 dans le sud de la France ont attiré l'attention sur les digues, qui sont un moyen efficace de maîtriser les inondations, que ce soit en les empêchant ou en les contrôlant lorsque la crue est trop importante. Les systèmes d'endiguement ne sont cependant pas infaillibles ; ces ouvrages sont en effet sujet au vieillissement et à des dégradations d'origine naturelle ou anthropique.

La France, comme de nombreux autres pays, possède un parc de digues ancien (certaines vieilles de plusieurs siècles), souvent de constitution et d'état mal connus, généralement hétérogènes et mal adaptées aux performances qui seraient nécessaires.

DIDRO est né du désir d'obtenir des informations fiables et d'actualité dans les conditions difficiles d'une crue, voire d'une inondation. Il a été plus tard décidé de profiter des capacités que ce projet a fait apparaître pour faciliter et améliorer l'acquisition de certaines informations lors des inspections de digues hors périodes de crise.

LA SURVEILLANCE DES DIGUES

Les objectifs de la surveillance et des investigations

Que cherche-t-on et pourquoi ?

L'objectif de Didro est la détection d'indices de désordre ou de causes potentielles de désordre. De ces indices pourront ensuite être déduits des mécanismes de dégradation et de rupture lors du processus de diagnostic. Les principaux

mécanismes de dégradation et de rupture sont l'érosion par surverse, l'érosion interne, l'érosion de surface (et affouillement), et les instabilités (affaissements, basculements...).

Campagnes de reconnaissance dans les différents cas

Il existe six types de campagnes de reconnaissance, qui varient en termes d'objectif et de suites possibles à donner aux observations acquises :

- ▶ reconnaissance initiale, à la fois repérage et première estimation de la gravité des désordres ;
- ▶ reconnaissances ponctuelles, spécifiques, dans le cadre d'un diagnostic ciblé par exemple dans le cas d'un désordre constaté et à expliquer, ou de travaux importants ;
- ▶ reconnaissances régulières, servant à déterminer les évolutions des désordres précédemment constatés et, le cas échéant, signaler l'apparition de nouveaux ;

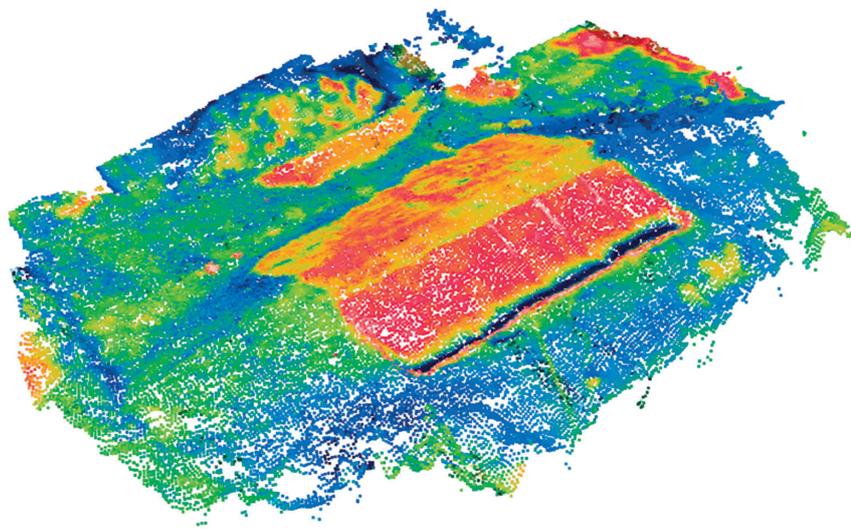
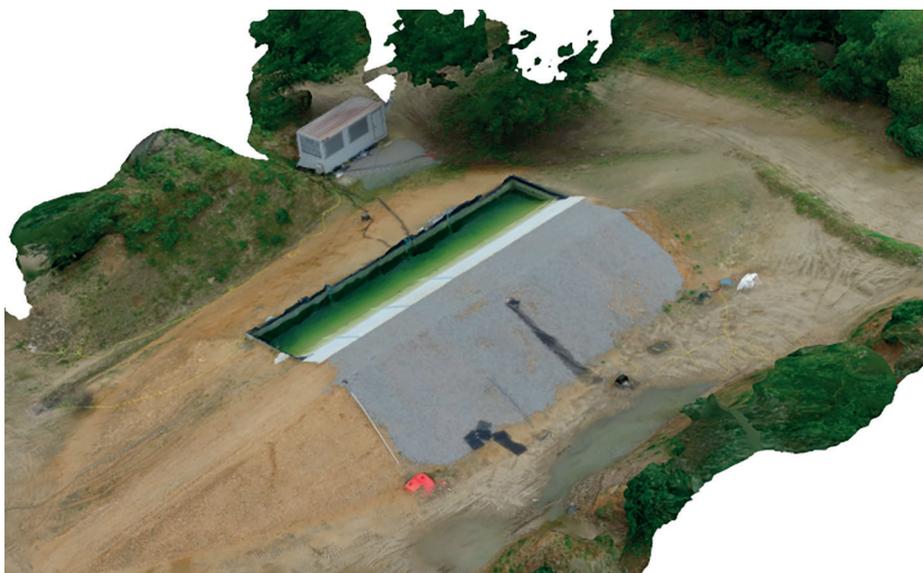


Image thermique de la même digue d'essai - © Cerema



Rendu en modèle 3D d'acquisitions photogrammétriques par drone d'une digue d'essai - © Cerema

► reconnaissances précédant, durant et suivant un évènement hydraulique, servant à vérifier que les points faibles de l'ouvrage seront tout de même aptes à remplir leur rôle, signaler une rupture imminente, mais aussi constater les indicateurs de désordres visibles uniquement lorsque la digue est en charge, puis constater les éventuels dégâts et profiter d'indicateurs laissés par la crue et disparaissant rapidement après sa fin (lisses de crues, signes de résurgence ou surverse récente...).

Observables recherchés

Parmi les observables utiles au diagnostic, on citera notamment la détection et la caractérisation de :

- mouvements de terrain, fontis...
- ouvrages particuliers (déversoirs, ouvrages traversants...),
- éléments constitutifs surfaciques de la digue (revêtements...),
- végétation (herbe, arbustes, arbres, état...),
- terriers de fouisseurs,
- hydraulique (vitesse, hauteur d'eau...),
- circulation d'eau dans la digue.

L'IRSTEA rédige actuellement, en collaboration avec l'IFSTTAR, un guide méthodologique comprenant entre autres des instructions permettant d'interpréter les données issues de Didro.

LE PROJET DIDRO

Le projet DIDRO a pour ambition de permettre l'examen des digues par drone, en utilisant un drone équipé de plusieurs capteurs pour examiner une digue en condition normale et en temps de crise (crue, tempête).

Le consortium du projet comprend :

- Geomatys : pilote du projet, développement de l'interface de visualisation et d'exploitation des mesures ;
- IFSTTAR : à l'origine du projet, mesures géophysiques ;
- IGN : capteurs photographiques et proches infrarouges ;
- CEREMA : thermographie haute définition ;
- IRSTEA : capteurs Lidar et exploitation de l'ensemble des mesures ;
- et deux entreprises en charge des drones et de l'intégration des capteurs :
 - Survey Copter (GE) : créateur et fournisseur des drones ;
 - Atechsys (PME) : intégration des capteurs sur les drones.

Ce projet est financé par BPI France, les conseils régionaux Île-de-France et PACA, ainsi que les conseils généraux des Bouches-du-Rhône, du Var et de la Drôme. Il est soutenu par de nombreuses collectivités locales et autres gestionnaires de digues.

LES DONNÉES ISSUES DE DIDRO

Le rendu principal DIDRO sera un modèle 3D de la digue, sur lequel seront drapées les données acquises suivantes :

- topographie : permet d'obtenir le modèle 3D de la digue, grâce à un capteur Lidar. Après traitement, le modèle a une précision centimétrique ;
- photographie : de haute définition (20 Mpix), elle permettra une résolution au sol de l'ordre de quelques centimètres ;

- ▶ infrarouges : elles sont de deux natures, proches infrarouges (20 Mpix) et thermographiques (2 Mpix) ;
- ▶ autres : DIDRO pourra être apte à fournir des données complémentaires, de nature hydraulique et géophysique.

UTILISATION DES DONNÉES

Le diagnostic de digues est un exercice qui demande une expertise pluridisciplinaire. C'est pourquoi il sera indispensable de se familiariser à ses rudiments avant de se pencher sur les données DIDRO, par exemple en se référant aux ouvrages Surveillance, entretien et diagnostic des digues de protection contre les inondations¹, Analyse de risques des systèmes de protection² et The International Levee Handbook³, ainsi qu'au guide méthodologique DIDRO en cours de rédaction par l'IRSTEA et l'IFSTTAR. La méthodologie générale à suivre avec DIDRO est la suivante :

- 1 Recherche et analyse de toutes les données antérieures, par exemple les observations de campagnes précédentes, éventuellement référencées sur SIRS Digues⁴.
- 2 Acquisition de mesures, éventuellement aiguillée par l'étape précédente (points d'intérêt ou faiblesses à suivre par exemple).
- 3 Prétraitement des mesures par le fournisseur DIDRO et mise à disposition pour visualisation sur un logiciel dédié.
- 4 Analyse des données par l'ingénieur en charge du diagnostic et conclusions.



Drone avant vol de mesure sur digues
© Marion Tanguy - IFSTTAR

- 5 Archivage des observables et des résultats du diagnostic dans le dossier d'ouvrage et éventuellement une base de données aisément consultable et correctement référencée, par exemple SIRS Digues.

CONCLUSION

Le système complet DIDRO (drone + intégralité des capteurs pour une reconnaissance) est actuellement en fin d'intégration. Chaque capteur a été testé indépendamment avec succès, et les premières réflexions sur l'applicabilité de chaque type de mesure à chaque observable⁵ vont débiter. L'objectif est de commercialiser à partir d'octobre 2019 un système intégré et testé, qui sera accompagné d'un guide méthodologique relatif aux données obtenues. DIDRO verra peut-être par la suite ses applications se diversifier : surveillance des zones inondées, cours d'eau et littoral, voire même élargissement à des phénomènes autres tels les feux de forêt.

L'ANALYSE DE RISQUE DES DIGUES

La surveillance, les reconnaissances et le diagnostic des digues alimentent de manière essentielle la réalisation des études de dangers réglementaires des systèmes d'endiguement. L'IRSTEA a développé une méthode d'analyse de risque de ces systèmes qui permet de répondre à cette exigence réglementaire et qui de plus permet à l'ensemble des acteurs de mieux gérer le risque d'inondation dans les zones protégées, en améliorant de manière continue les connaissances et la gestion des ouvrages. Un guide paru récemment présente cette méthode en vue de son utilisation.²



Disponible à la lecture
fin octobre sur :
www.irma-grenoble.com

DAVID BOGGIO CHEF DE PROJET GEOMATYS, PILOTE DU PROJET DIDRO

Un des principaux acteurs de DIDRO est GEOMATYS, une PME située à Arles (30) qui développe des outils informatiques pour la collecte, l'analyse et la diffusion de données géospatiales, et manière plus générale des solutions géospatiales métier 2D et 3D respectant les standards d'interopérabilité, à la définition desquels l'entreprise contribue activement auprès des organismes géographiques internationaux. Elle a mis en place une plate-forme de type Cloud privé basée sur sa solution Examind Server, qui permet aux exploitants de digues et aux experts de consulter et d'analyser les données d'imagerie (visible et infrarouge), d'altimétrie (photogrammétrie) et de capteurs, collectées au moyen de drones. Cette boîte à outils, à la fois simple d'utilisation et puissante dans les algorithmes mis en œuvre, sera un moyen pour les gestionnaires de digues d'archiver, comparer et diffuser les résultats des campagnes d'expertise sur leurs infrastructures depuis une interface cartographique en 3D.

1 P. Mériaux, P. Royet, C. Folton, ministère de l'Écologie et du Développement durable, 2004. Surveillance, entretien et diagnostic des digues de protection contre les inondations : guide pratique à l'usage des propriétaires et des gestionnaires. Cemagref, Cachan.

2 R. Tourment, B. Beullac, 2019. Inondations □ Analyse de risques des systèmes de protection : Application aux études de dangers, Lavoisier TEC & DOC. éd.

3 [3] The International Levee Handbook, CIRIA, London, 2013.

4 J. Perrin, V. Platz, A. Castagnet, S. Patouillard, R. Tourment, 2018. SIRS Digues V2 : Le logiciel métier coopératif pour les professionnels de la gestion des digues (et cours d'eau). <https://doi.org/10.5281/zenodo.2222448>

5 Un désordre dans une digue peut se traduire en surface par un « indice de désordre », qui permet à l'expert de diagnostiquer la présence de ce désordre. On appelle observable l'anomalie générée par cet indice de désordre sur les mesures. L'objectif de l'expert devant les mesures DIDRO est donc de traduire les observables sur les mesures en indices de désordre, pour en déduire les désordres et mécanismes de dégradations à l'œuvre dans la digue.