

Fiche bilan de l'appel à projets Ponts Connectés (2021-2023)

Nom du projet : MIRAUAR - Méthode d'assistance à l'Inspection et à la visite d'ouvrages d'art par Réalité AUGmentée et intelligence ARTificielle

LE CONSORTIUM

Partenaires : Setec Diadès, Geodesial-Sogelink Bloc-In-Bloc, Liris



Montant du projet : 728 322 € (subvention versée 355 656 €)

Ouvrage(s) instrumenté(s) : Ouvrages courants de type Ponts Cadres, Ponts Dalles, Ponts Voutes

LE PROJET

Le projet MIRAUAR est destiné à assister les gestionnaires de ponts, sachant ou non, dans la visite et la qualification IQOA de l'état de leurs ouvrages, leur permettant d'enclencher in fine au juste moment les investissements nécessaires en maintenance / réparation.

Dans ce contexte, l'objectif du projet MIRAUAR est de produire un outil d'aide à la qualification de l'état d'un ouvrage d'art au travers de l'implémentation d'une **Méthode d'assistance à l'Inspection et à la visite d'ouvrages d'art par Réalité AUGmentée et intelligence ARTificielle**, sur la base de la méthodologie IQOA.

Cet outil s'articule autour de 4 étapes :

1. la définition et l'identification de l'Ouvrage : l'opérateur s'inscrit sur une plateforme dématérialisée qui lui permet de gérer son parc d'ouvrages et de créer des projets de visite. Pour une visite MIRAUAR, l'ouvrage doit appartenir à une famille prédéfinie d'ouvrages, appelés OAPP (Ouvrage d'Art Potentiel Paramétrique). Si c'est une première visite, l'opérateur devra effectuer un scan 3D de l'ouvrage pour créer un modèle géométrique précis,
2. la virtualisation : Dans le cadre de sa première visite, la virtualisation consiste à réaliser le scan 3D de l'ouvrage par l'intermédiaire d'une application fournie sur une tablette tactile. La virtualisation permet de faire correspondre les modèles d'information (géométrique & sémantique) de l'OAPP à la réalité de l'ouvrage,
3. la visite et l'identification des pathologies : lorsque le modèle virtualisé est disponible, l'opérateur utilise une interface en **réalité augmentée** pour déambuler autour de

l'ouvrage, scanner les surfaces et identifier les défauts. Deux méthodes de détection et d'identification fonctionnent en parallèle :

- a. automatique : le système détecte et enregistre automatiquement les pathologies,
- b. manuelle : l'opérateur signale manuellement un défaut de surface, l'application enregistre sa position et produit une analyse du défaut.

Le calcul de la note IQOA est mis à jour en temps réel. Si des informations manquent pour son évaluation, l'application guide l'opérateur pour recueillir les données manquantes, via des questions et un système expert, ceci permettant d'évaluer la gravité des pathologies identifiées,

4. la transmission des informations : à la fin de la visite, l'application s'assure que l'opérateur a inspecté l'intégralité de l'ouvrage. Toutes les informations sont transmises à la plateforme dématérialisée, les acteurs concernés peuvent accéder aux données et générer un Procès-Verbal de visite de l'ouvrage selon le formatage réglementaire.

La définition des ouvrages d'art concernés par le projet MIRAUAR est basée sur les ouvrages de la Liste I - chapitre VII du guide « Classification des ouvrages » (DT383) et chapitre I du guide « Guide de visite en subdivision » (DT382) de la méthode IQOA.

Au titre de cette première phase faisant l'objet de l'appel à projet « Ponts Connectés », les développements se sont focalisés sur les ouvrages de type PIPO et PICF dont les décompositions géométriques sont plus simples, avec l'utilisation du seul matériau béton. Ceci constitue par ailleurs une famille représentative des structures que l'on peut rencontrer sur le réseau routier français.

Par ailleurs, dans ce projet, le contrôle s'effectue dans un premier temps au niveau des éléments structurels des ouvrages, c'est-à-dire en excluant les superstructures, les équipements et les abords/accès.

LES AVANCEES TECHNIQUES

À l'issue du projet MIRAUAR, toutes les fonctionnalités initialement prévues sont opérationnelles dans un démonstrateur capable d'effectuer un cycle complet de toutes les opérations nécessaires.

L'expérimentation a validé l'intérêt de la méthodologie et démontré que l'ergonomie de la réalité augmentée (RA) est adaptée aux visites IQOA. Elle a également mis en lumière les défis technologiques restants pour garantir une « expérience utilisateur » convenable.

Le projet MIRAUAR a été l'occasion de produire plusieurs livrables techniques avec divers niveaux de maturité. Il a mis en évidence l'intérêt scientifique de l'apprentissage d'une IA à partir de données synthétiques (prouvant ainsi son efficacité dans un contexte pratique) et a proposé un modèle de représentation géométrique et sémantique des ouvrages (OAPP).

Sur le plan de l'ingénierie informatique, le projet a permis d'identifier et de mesurer les obstacles technologiques à surmonter. Il s'agit notamment des contraintes matérielles qui influencent les performances des IA et les défis liés à la qualification des données issues des processus d'annotation d'images d'ouvrages.

En outre, le projet MIRAUAR a été un véritable défi d'intégration, réussissant à combiner avec succès des technologies hétérogènes et complexes. Ces avancées et observations offrent une base solide pour la poursuite des travaux et l'amélioration continue de la méthodologie et des outils utilisés.

À l'issue du projet, l'évolution des indices TRL pour les grandes phases du projet est représentée ci-dessous. Elle met en évidence des indices variables du TRL 4 au TRL 7.



LES PERSPECTIVES D'AVENIR

Le projet MIRAUAR offre une visibilité précieuse sur plusieurs éléments de valeur, qui constituent aujourd'hui des briques métiers valorisables dans d'autres activités métiers. En effet, la transformation numérique du métier de la gestion d'ouvrages repose sur la constitution et l'exploitation d'un patrimoine numérique de ces ouvrages. L'approche mise en place dans le projet MIRAUAR a abordé de manière originale ces deux aspects.

Dans le domaine de la constitution d'un patrimoine numérique, la numérisation d'un ouvrage (ou d'un autre objet) constitue un préalable essentiel à toutes les opérations digitales et ne se limite pas à la capture de représentation géométrique de l'ouvrage. Nous avons proposé une approche basée sur le scan d'un nuage de points fourni par le LIDAR d'un iPad, l'utilisation de modèles géométriques (génériques et paramétriques) et l'utilisation d'une intelligence artificielle pour construire une représentation numérique comprenant la géométrie et la labélisation des différents composants de l'ouvrage. L'intégration de ces trois composants pour réaliser notre outil de virtualisation constitue une avancée technologique innovante reconnue par la communauté scientifique.

Concernant l'exploitation du patrimoine numérique appliqué à la gestion d'ouvrages d'art, la fonction de virtualisation et la réalité augmentée se sont révélées être des modalités ergonomiques intéressantes pour les différents travaux de réflexion sur l'exploitation de jumeaux numériques. La constitution d'une base de connaissances pour le système expert de visites type IQOA peut elle aussi être utilisée pour assister à l'édition de rapports de visite pour l'ensemble des inspecteurs.

Le projet MIRAUAR a permis de faire des avancées significatives vers la mise en place d'IA spécialisées. Notons en particulier l'utilisation d'images de synthèse en phase d'entraînement, en complément d'images réelles, très chronophages à annoter pour fiabiliser les apprentissages. Cela permet d'ouvrir des perspectives dans la constitution de bases de données d'apprentissage pour certains sujets spécifiques. Le projet MIRAUAR a permis également de perfectionner les IA destinées à la détection de pathologies.

Par ailleurs, nous avons nettement progressé dans la manière d'embarquer nos modèles d'IA dans des applications mobiles, capables d'effectuer leurs inférences et analyses en temps réel.

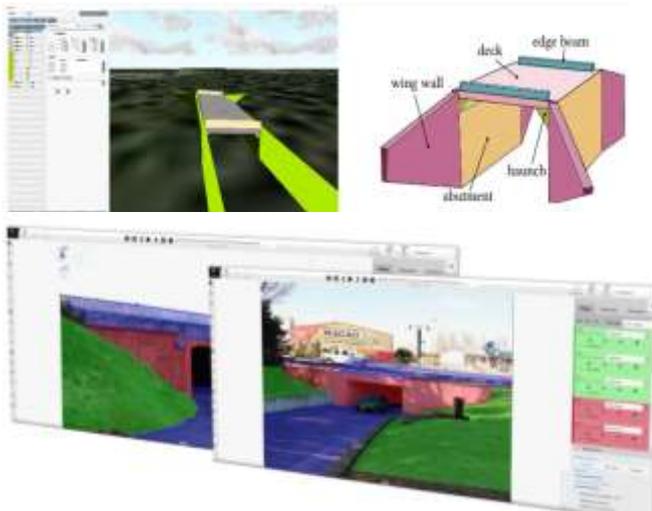
LES BENEFICES POUR LA GESTION DU PATRIMOINE

Au terme de ce développement, **à partir d'un outil simple de type tablette ou smartphone, l'opérateur, sachant ou non, sera en mesure de réaliser des visites basées sur la méthodologie IQOA avec une assistance en temps réel** pour la reconnaissance de la typologie/morphologie de la structure (si celle-ci lui est inconnue), la projection sur l'image réelle de l'ouvrage de diverses « couches d'informations », notamment les cartographies des pathologies.

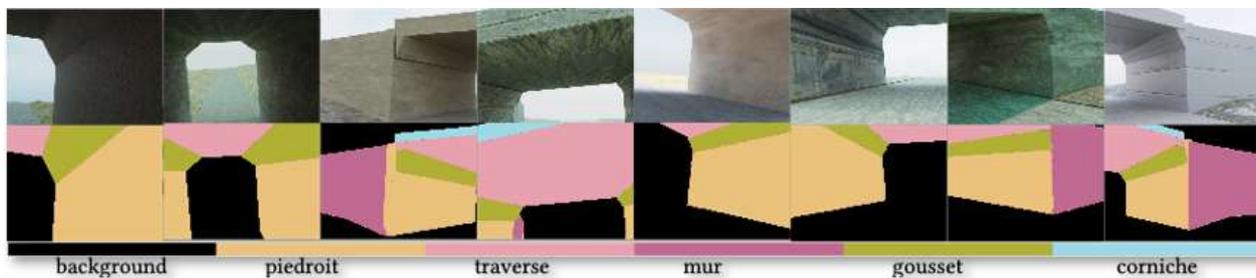
Il aura ainsi en temps réel, lors de la visite, une aide à la détection des pathologies et à la caractérisation des désordres à partir de l'IA implémentée éventuellement assistée par un système expert, ainsi qu'une aide à la cotation de l'ouvrage.

Au fur et à mesure des actions de surveillance (annuelles et/ou triennales), la base de données sera enrichie des visites précédentes permettant de constater, in situ, une éventuelle évolution de dégradations et d'aider à prendre la juste décision afin d'enclencher les bonnes actions de surveillance, de maintenance ou de diagnostic complémentaire éventuel.

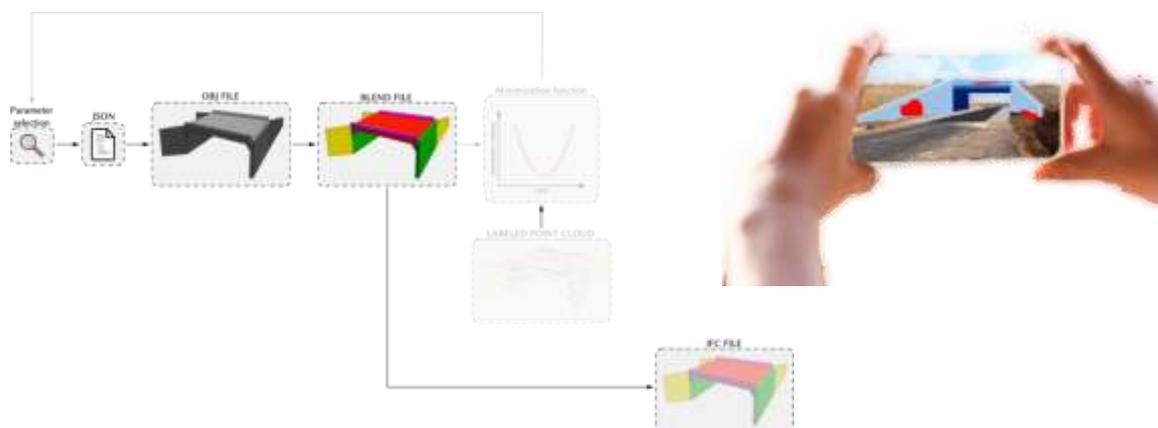
LES PHOTOGRAPHIES



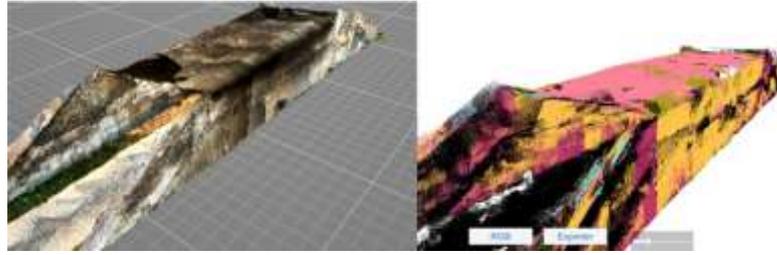
Logiciel de construction d'un ouvrage paramétrique potentiel
Labellisation d'images



Apprentissage de la reconnaissance sémantique à partir d'images de synthèse



Principe de virtualisation de l'ouvrage



Virtualisation et reconnaissance sémantique sur ouvrage



Visite assistée sur tablette & plateforme de centralisation des ouvrages