

LE PROJET

AXE 1 : Aide par intelligence artificielle au recensement géographique des ouvrages d'art et à l'évaluation des risques environnementaux associés

- Récolte et exploitation de données multi-sources issus des cartographies de l'IGN.
- Élaboration d'un module d'IA permettant de faciliter le recensement des ponts et des murs de soutènement. Apprentissage de cette IA sur une base de données vérifiées en Corse.
- Récolte et exploitation de données InSAR sur le territoire d'étude.
- Élaboration d'un module IA intégrant les données InSAR et permettant de prioriser l'urgence des visites au regard des risques environnementaux au voisinage des ouvrages d'art recensés.

AXE 2 – Création d'un outil d'aide au relevé photographique in situ d'un ouvrage d'art par un non-sachant, assisté par intelligence artificielle

- Rédaction d'une méthodologie de relevé photographique de 4 ouvrages types par un « non-sachant », test in situ et mise à jour de la méthodologie suite à cette mise en pratique.
- Transplantation de la méthodologie dans un algorithme d'IA pour aide et orientation à la prise de vue in situ.
- Test in situ de l'outil (application sur hardware) et phase d'apprentissage.
- Amélioration et adaptation des méthodes et ajout des contrôles qualité des données.

AXE 3 – Création d'outil de traitement d'images pour aide à la détection de défauts par Intelligence Artificielle

- Création d'une base de données de photographies issues d'inspections d'ouvrages d'art faits par SITES. Nettoyage et renseignement de la base de données (plusieurs milliers d'images).
- Apprentissage d'un module d'IA permettant de reconnaître les parties d'ouvrages et les zones de non-défauts et de défauts. Entraînement et itération de cette IA.

LES AVANCEES TECHNIQUES

Axe 1 : Exploitation des données de l'IGN - Recensement d'ouvrage par segmentation

Nous avons identifié une population cible, constituée des 21 ouvrages ayant les valeurs les plus élevées pour ce déplacement médian du sol dans leur voisinage.

Nous avons constitué ensuite un ensemble d'ouvrages devant servir de témoin. Pour chaque ouvrage de la population cible, nous avons essayé de trouver un ouvrage situé sur la même route départementale, ayant un déplacement médian du sol dans son voisinage négligeable.

Ces deux populations d'ouvrages ont été mélangées et anonymisées, puis confiées à un binôme d'inspecteurs d'ouvrages du groupe dédié SITES. Nous leur avons demandé de suivre un protocole technique visant à les aider à détecter ce qui peut être un "désordre potentiellement imputable à un mouvement du sol".

In fine, 8 ouvrages d'art sur 42 présentent des désordres qui sont imputables (sans discussion) à des mouvements de sol. Tous sont des murs de soutènement. Parmi eux, 6 appartiennent à la population cible, et 2 à la population témoin.

Les désordres associés relèvent de désorganisation, tassement et réseau de fissuration sur la chaussée. Nous voyons aussi des fractures verticales sur le parapet et le parement vertical. Enfin, à noter des décalages dans la ligne de tête de mur.

Avec aussi peu de données, il est bien sûr difficile de tirer des conclusions définitives, mais la différence entre la proportion d'ouvrages cibles (6/21) et la proportion d'ouvrages témoins (2/21) présentant des désordres directement imputables à des mouvements de sol nous incite tout de même à penser que cette étude mériterait d'être approfondie et étendue à une plus large échelle, afin de confirmer la pertinence de l'utilisation des données INSAR dans la priorisation des visites d'ouvrages.

Axe 2 : Développement d'une application destinées à faciliter et rendre plus accessible la visite simplifiée d'ouvrages d'art.

Dans le cadre de cet axe, nous avons tout d'abord développé à l'aide de connaissances experts, des méthodologies d'inspection photographique. Ces méthodologies sont destinées à être suivies par des non-sachants pour acquérir numériquement des ouvrages d'art.

Des études comparatives nous ont permis de valider l'utilité de ces méthodologies afin de permettre aux gestionnaires d'ouvrages de réaliser des pré-inspections. Ces pré-inspections leur permettront ensuite de cibler les pathologies nécessitant une inspection approfondie par un expert.

Nous avons ensuite intégré ces méthodologies dans une application Android développée par nos équipes.

Après des tests terrains et plusieurs itérations, cette application nous paraît prometteuse et cohérente. Elle intègre par ailleurs des modules d'intelligence artificielle destinés à aider l'utilisateur dans son acquisition et fiabiliser la complétude et la qualité des données.

Enfin, la collaboration avec un gestionnaire d'ouvrages nous a convaincu de l'utilité et l'intérêt que peut avoir notre outil sous sa forme actuelle afin d'aider à prioriser et optimiser la surveillance de leur patrimoine.

Axe 3 : Détection automatique de désordres sur des ouvrages d'art

En ce qui concerne l'axe 3, nous avons testé plusieurs approches d'intelligence artificielle visant à accélérer l'expertise de données terrain.

Nous avons tout d'abord travaillé sur des photographies isolées. Sur ces données :

- l'IA semble performante pour le classement d'images selon la zone d'ouvrage ciblée.
- En revanche, la problématique d'accélération de la détection de défauts semble plus complexe. Il est généralement nécessaire à l'expert d'avoir accès à plusieurs images d'une même pathologie, afin de rendre un avis. Notre IA ne nous semble pas encore complètement pertinente à ce niveau.

Nous avons ensuite identifié des données sur lesquelles le potentiel d'accélération était plus élevé. Il s'agit des orthophotos (reconstitution hautes résolutions de grandes surfaces). Sur ces données, notre IA a obtenu des performances déjà intéressantes. Cela nous incite à continuer dans cette direction et a permis des premières mises en production et utilisation par nos experts.

LES PERSPECTIVES D'AVENIR

Axe 1 : Exploitation des données de l'IGN - Recensement d'ouvrage par segmentation

Du fait de la chronologie du projet, beaucoup de temps et d'énergie ont été investis sur cet axe. Malheureusement, les performances que nous avons obtenues pour notre système d'aide au recensement sont clairement en dessous de nos attentes.

Compte tenu des performances finales, il est difficile d'imaginer actuellement une exploitation en interne des systèmes développés dans cet axe. Toutefois, le travail sur les données de l'IGN nous a permis de mieux appréhender les données disponibles en open source. Nous nous en servons éventuellement de nouveau dans d'autres projets. Par exemple pour accélérer le travail de pré-recensement d'intersections contenant potentiellement des ponts.

Axe 2 : Développement d'une application destinées à faciliter et rendre plus accessible la visite simplifiée d'ouvrages d'art.

Après échange avec plusieurs gestionnaires d'ouvrages (notamment des collectivités) dont nous avons actuellement des missions d'inspection, il nous a fait part de son intérêt pour découvrir notre outil et pouvoir apporter leur analyse et remarques.

D'une manière générale, la prise en main fut immédiate et quelques précisions nous ont été remontées (améliorer l'illustration de l'angle de prise de vue des photos, meilleure précision sur certaines localisations).

À la suite de ces visites, nous avons pu échanger sur les critères d'analyse des photos et le développement d'une plateforme permettant le stockage ordonné et la visualisation des photographies associés aux ouvrages numérisés.

Une première commercialisation avec utilisation par les équipes non expertes de la collectivité devrait être réalisé fin 2024, ainsi leur permettant de devenir un acteur plus actif dans la gestion de leurs ouvrages.

Axe 3 : Détection automatique de désordres sur des ouvrages d'art

En ce qui concerne l'axe 3, nous avons testé plusieurs approches d'intelligence artificielle visant à accélérer l'expertise de données terrain.

Nous avons tout d'abord travaillé sur des photographies isolées. Sur ces données :

- l'IA semble performante pour le classement d'images selon la zone d'ouvrage ciblée.
- En revanche, la problématique d'accélération de la détection de défauts semble plus complexe. Il est généralement nécessaire à l'expert d'avoir accès à plusieurs images d'une même pathologie, afin de rendre un avis. Notre IA ne nous semble pas encore complètement pertinente à ce niveau.

Nous avons ensuite identifié des données sur lesquelles le potentiel d'accélération était plus élevé. Il s'agit des orthophotos (reconstitution hautes résolutions de grandes surfaces). Sur ces

données, notre IA a obtenu des performances déjà intéressantes. Cela nous incite à continuer dans cette direction.

LES BENEFICES POUR LA GESTION DU PATRIMOINE

La grande majorité des ouvrages d'art est gérée par les collectivités locales. Souvent, celles-ci ne disposent pas des moyens techniques, humains et financiers suffisants pour connaître et évaluer l'état de leur patrimoine. Assurer un recensement et une surveillance préventive satisfaisante des ouvrages implique la mobilisation et l'intervention sur site de personnels compétents avec des coûts, des émissions de CO2 et des risques routiers associés non négligeables.

Ainsi, avec ces outils, une collectivité pourra recenser ses ouvrages, prioriser le relevé pour les ouvrages les plus à risques, réaliser le relevé de manière autonome et faire réaliser à distance la visite de l'ouvrage par des personnes qualifiées. Ces outils permettront de réduire les coûts environnementaux et financiers tout en donnant le maximum d'autonomie aux collectivités sur la connaissance et la maîtrise de la gestion de leur patrimoine.

LES PHOTOGRAPHIES



