

Localisation et qualification automatique de points de corrosion et défauts de structure sur des pylônes de lignes à haute tension HTB<sup>1</sup>, à partir de photographies.

**William BAYOL**

*Chef de projet transition Numérique - Eiffage Infrastructures GD - DSO*

**RÉSUMÉ** L'Intelligence Artificielle (IA) et les Sciences des Données permettent désormais de créer des outils à très haute valeur ajoutée dans de nombreux secteurs du domaine des travaux publics. Nous avons initié un projet de localisation et de qualification automatique de points de corrosion et de défauts de structure sur des pylônes de lignes à haute tension, à partir de photographies. Confronté à de nouvelles technologies, il nous a été difficile d'appréhender les tenants et aboutissants de tous ces nouveaux concepts. Un véritable travail d'acculturation a été nécessaire. Nos premiers résultats nous permettent aujourd'hui d'envisager des suites très encourageantes. Nous avons maintenant la capacité à proposer de nouveaux outils opérationnels « intelligents » pour faciliter le quotidien de nos équipes. C'est ce retour d'expérience qui est détaillé dans cet article.

**Mots-clefs** Pylônes, Détection, Défauts, Corrosion, IA

## I. INTRODUCTION

Les nouvelles technologies permettent aujourd'hui d'envisager des outils "intelligents" de reconnaissances de formes, qui dans nos métiers peuvent avoir des applications quasi infinies (Localisation de fissures sur ouvrages d'art, comptage automatique, mesure temps en réel, ...).

Les tournées d'inspection des pylônes de transmission électrique à haute tension de nos clients sont réalisées depuis le sol par un opérateur, à l'aide d'un appareil photo et/ou d'une paire de jumelles. Les photographies sont ensuite analysées une par une, manuellement, pour établir le rapport d'inspection. Les principales anomalies recherchées sont les points de corrosion et les défauts de structure (barre déformée). Il faut les détecter, localiser et qualifier pour ensuite organiser les tournées de maintenance de ces installations.

---

<sup>1</sup> Les lignes HTB constituent le réseau de répartition ou d'alimentation régionale et permettent le transport à l'échelle régionale ou locale.

**TABLEAU 1.** Exemple d'anomalies recherchées sur les pylônes

Pour répondre à des problématiques de ressources, de productivité, de sécurité, etc. nous avons pensé que l'utilisation de l'Intelligence Artificielle et de la Science des données pourraient grandement nous faciliter la tâche.

## II. LE CONTEXTE

Les ouvrages de ligne aérienne HTB constitués de pylônes en technologie treillis (cornières en acier) datent parfois des années 1940. En fonction des zones d'implantation (maritime, urbaine), l'acier se corrodé jusqu'à rendre l'ouvrage mécaniquement fragile. Dans ce cadre, le gestionnaire du transport d'électricité mandate des experts afin d'évaluer le niveau de corrosion des ouvrages et de déployer ainsi des programmes de maintenance.

L'expertise s'appuie aujourd'hui sur des prises de vue au sol (très nombreuses) puis une analyse minutieuse des clichés. Ces opérations sont tributaires de l'œil humain et de sa subjectivité ainsi que de la redondance des analyses à réaliser.

## III. LA PROBLÉMATIQUE

C'est dans ce cadre que les équipes d'Eiffage Énergie sont mandatées pour réaliser des opérations d'inspection des pylônes qui supportent les lignes électriques à haute tension de ses clients.

### A. Ce qui doit être réalisé

Les opérations qui doivent être réalisées sont les suivantes :

- Caractériser un niveau de corrosion sur des structures treillis d'acier ;
- Localiser d'éventuels défauts sur la structure elle-même (barre voilée, déformée, ...) ;
- Quantifier et qualifier les défauts afin de programmer les interventions de maintenance.

### *B. L'état de l'art*

Les expertises sont réalisées aujourd'hui à partir du sol et à l'appréciation de l'œil humain. Certaines expertises sont dites « montées » et permettent d'aller gratter la peinture pour mettre en évidence le point de corrosion. Ces opérations nécessitent une consignation des ouvrages, le déploiement d'équipement particulier et la mobilisation de personnel qualifié.

### *C. Des problématiques liés à la sécurité des personnes*

Malgré les très nombreuses précautions mises en place, travailler à proximité de lignes électriques à haute tension, (de 63 kV à 400 kV), n'est jamais sans risques.

## **IV. NOTRE HYPOTHÈSE DE DÉPART**

Les tournées d'inspection et de traitement des photographies captées par nos équipes sont très chronophages et utilisent des ressources qualifiées qui pourraient être utilisées pour effectuer des opérations à plus haute valeur ajoutée.

Notre hypothèse de départ était donc de développer une application dans le but de :

- Réduire le temps passé et sécuriser nos équipes dans le cadre de l'acquisition des données photographiques sur le terrain ;
- Mettre en place un processus d'acquisition d'images à l'aide de moyen plus rapide (drone) ;
- Automatiser le traitement des photographies pour identifier et qualifier les défauts ;
- Rédiger automatiquement le rapport d'inspection ;
- Alimenter automatiquement notre GMAO<sup>2</sup> pour planifier les opérations de maintenance.

La première étape fut de rédiger un cahier des charges que nous avons fait parvenir à plusieurs entreprises, spécialistes du domaine.

**Remarque :** Les acteurs de l'IA utilisent des termes et affichent des processus logiques que nous avons peu ou prou l'habitude de manipuler. Il est donc important de définir exactement, en concertation, le contenu de chaque étape ainsi que bien définir les livrables attendus à chacune de ces étapes, pour ne pas avoir de « mauvaises surprises » !

---

<sup>2</sup> GMAO : Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur

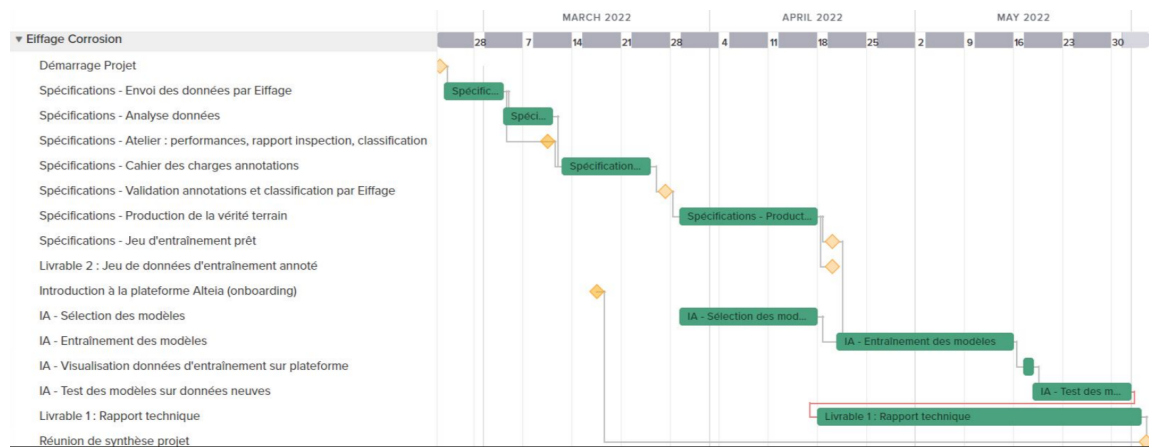
**V. LA SITUATION ACTUELLE**

Une fois le cahier des charges rédigé, plusieurs entreprises ont manifesté l’intérêt de collaborer avec nous. Nous avons choisi un prestataire qui nous a proposé la méthodologie suivante :

**TABLEAU 1. Description des étapes proposées par le fournisseur**

Étape	Description
1	Clarification du besoin (niveau de performance attendue, mode d’acquisition de données privilégié, type de rapport d’inspection attendu) (ateliers avec équipe Eiffage) ; Analyse de la banque de données de photographies ; Rédaction du cahier des charges des annotations (qualification des défauts).
2	Annotation des images.
3	Choix des modèles de traitement et Développement ; Entraînement et optimisation des performances.
4	Développement, entraînement et optimisation des performances.
5	Traitement et visualisation des données.

*A. Ce qui a été réalisé*



Nous pouvons observer qu’une très grande partie du projet (~50 %) a été consacrée à la collecte, analyse, classification et annotation des données. Ce travail, indispensable, a été réalisé dans le but de préparer le jeu d’entraînement.

Une fois, ce jeu de traitement prêt, l’apprentissage peut commencer pour créer un modèle. Ce modèle sera ensuite testé sur de nouvelles photographies non annotées pour en tester l’efficacité.

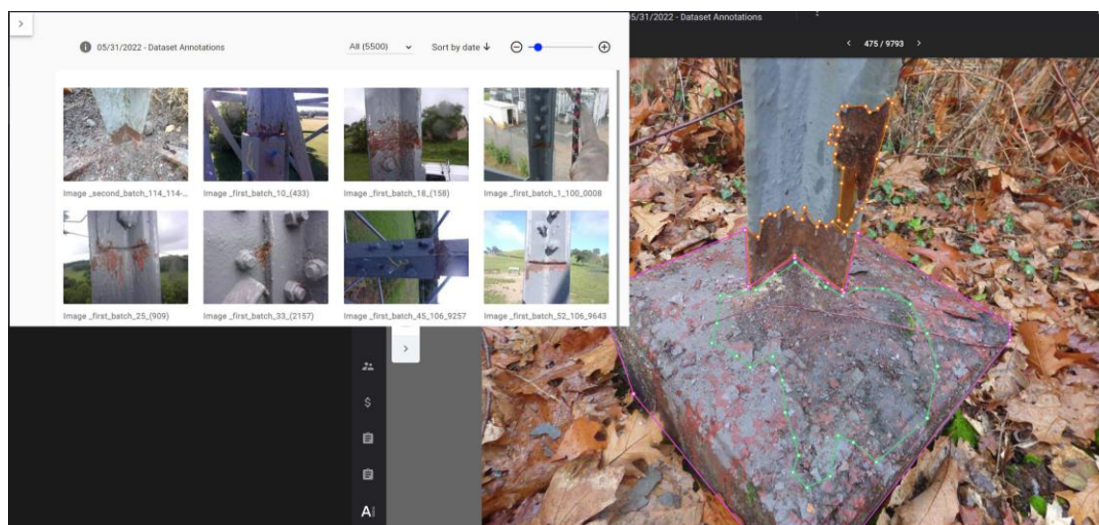
Le prestataire que nous avons sélectionné dispose de sa propre plateforme de traitement. Elle permet d'exécuter le(s) code(s) (python, Jason...) grâce à une I.H.M<sup>3</sup> collaborative. Mais, pour des raisons que nous évoquerons ci-après, cette solution n'a pas été retenue

### B. Bilan du P.O.C

Au terme des différentes étapes, que nous avons menées jusqu'au bout, les principales conclusions que nous avons pu tirer à l'issue du projet sont les suivantes :

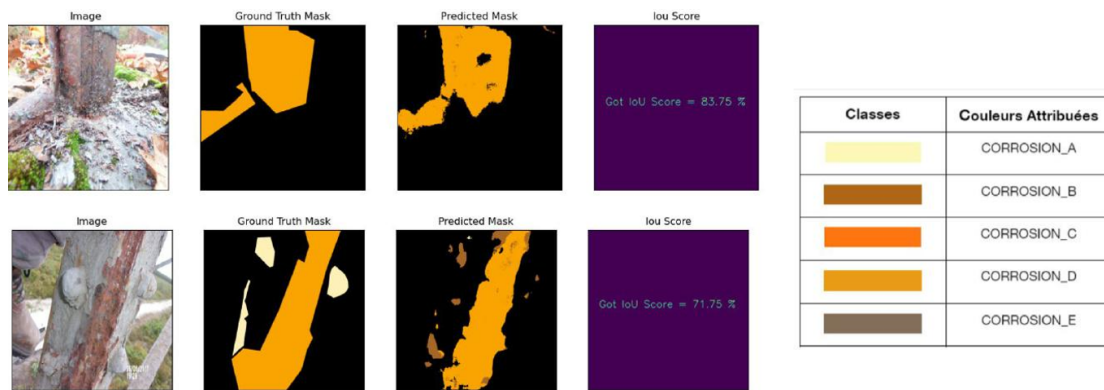
- L'algorithme fournissant la tâche de détection des points de corrosion s'effectue correctement => facilitation des inventaires ;
- La tâche de classification ardue pour l'humain (différences ténues) se ressent dans les prédictions de l'algorithme ;
- Bons résultats en classe D<sup>4</sup> (67,3% matrice de confusion) ;
- C plutôt prédite B ou D  $\Leftrightarrow$  Confusion B, C, D ;
- E : peu présente dans les images (<5%) ;
- L'amélioration des performances en classification est probablement atteignable par l'accumulation de données supplémentaires et l'apprentissage continu.

**TABLEAU 2.** Test de l'algorithme sur notre jeu donné



<sup>3</sup> Interface Homme Machine

<sup>4</sup> 4 classes de corrosion ont été définies en fonction de leurs types : A, B, C et D.



Pour conclure, nous pouvons souligner que nous ne sommes pas arrivés aujourd’hui à un taux très élevé de « vrais positifs » puisqu’à ce jour le taux de réussite de la matrice de conformité s’est établi à 67,3 %.

Il semble néanmoins que notre approche soit la bonne. L’intelligence Artificielle et la science des données sont une bonne alternative pour remplacer l’être humain dans des tâches répétitives et laborieuses.

C’est ce que nous souhaitons continuer à mettre en œuvre pour automatiser le travail, d’analyse de plusieurs milliers de photographies de structures métalliques, aujourd’hui effectué manuellement et donc faciliter et sécuriser le travail de nos équipes.

Ce P.O.C. nous a donc permis de mieux comprendre ce domaine particulier et nous a ouvert les portes vers des horizons que nous n’aurions pas imaginés auparavant.

## VI. LES PERSPECTIVES

Elles sont au nombre de 3 :

- Amélioration de la performance de l’algorithme ;
- Géolocalisation des défauts de chaque pylône ;
- Alimentation automatiquement des rapports d’inspection dans notre GMAO.

### A. Amélioration des algorithmes d’apprentissage et d’analyse de données

Comme nous l’avons évoqué, le taux de réussite concernant la qualification des défauts de corrosion ou de structure s’est établi actuellement à 67,3 %. Ce nombre peut paraître élevé, mais en pratique, il devrait plutôt se situer à un niveau supérieur à 95 %

Le problème vient en grande partie du nombre de photographies utilisé pendant la période d’apprentissage. Nous disposions d’un échantillon d’environ 10.000 photographies, ce qui peut sembler beaucoup, mais qui dans la réalité est relativement peu pour arriver à des résultats satisfaisants. Nous avons donc prévu d’injecter, au fil du temps, de nouvelles photographies dans le module d’apprentissage du système, l’entraîner de nouveau et éprouver le modèle pour le rendre plus performant.

Nous allons également demander à nos data scientistes d'analyser les fichiers source, créés par l'entreprise sous-traitante. Ceci dans le but d'améliorer la capacité intrinsèque des algorithmes de traitement de l'information en vue de livrer de meilleurs résultats.

*B. Géolocalisation des défauts constatés sur chaque pylône à partir d'images aériennes*

Le deuxième axe consisterait à géolocaliser les points de corrosion et/ou les défauts de structure des pylônes à partir d'images aériennes elle-même géolocalisées. Autrement dit, ce serait de donner la capacité au système d'effectuer une analyse géospatiale de tous les défauts d'un pylône donné et que la position de chaque défaut soit clairement établie dans le système de coordonnées du projet sous la forme (x,y,z).

Les métadonnées contenues dans les images aériennes comportent dorénavant des informations concernant la localisation « propre » de l'aéronef. Voir le tableau ci-dessous :

**TABLEAU 3.** Exemple de métadonnées de géolocalisation d'un fichier JPG.

GPSLatitudeRef	North
GPSLatitude	45°56.9646
GPSLongitudeRef	East
GPSLongitude	4°52.1648
GPSAltitudeRef	Above Sea Level
GPSAltitude	426.5995 m

Mais ces données seules ne sont pas suffisantes. Il est, en effet, nécessaire de connaître précisément la localisation spatiale du pylône lui-même, pour être en capacité de positionner le ou les défaut(s) sur celui-ci par rapport à la position géospatiale de l'aéronef. Pour une grande majorité des lignes HTB dont nous avons la gestion, des modèles 3D existent sous la forme de fichiers DWG<sup>5</sup> géolocalisés. Pour les autres, des relevés topographiques devront être effectués

Il semblerait que nous disposions des informations nécessaires et suffisantes pour détecter la localisation des défauts sur chaque pylône dans la forme illustrée dans le tableau 4, ci-après. Néanmoins, des recherches doivent encore être effectuées pour valider ces hypothèses.

<sup>5</sup> DWG est le format natif des fichiers de dessins AutoCAD. DWG est l'abréviation de DraWinG (littéralement dessin).



TABLEAU 4. Organisation hiérarchique de la localisation des pylônes et de leurs défauts

Pylône <sub>p</sub> (x,y,z)	Pylône <sub>p+1</sub> (x,y,z)	Pylône <sub>p+∞</sub> (x,y,z)
Défaut <sub>(d)</sub>	Défaut <sub>(d)</sub>	Défaut <sub>(d)</sub>
Loc <sub>(l)</sub> (x,y,z)	Loc <sub>(l)</sub> (x,y,z)	Loc <sub>(l)</sub> (x,y,z)
Loc <sub>(l+1)</sub> (x,y,z)	Loc <sub>(l+1)</sub> (x,y,z)	Loc <sub>(l+1)</sub> (x,y,z)
...	...	...
Loc <sub>(l+∞)</sub> (x,y,z)	Loc <sub>(l+∞)</sub> (x,y,z)	Loc <sub>(l+∞)</sub> (x,y,z)
Défaut <sub>(d+1)</sub>	Défaut <sub>(d+1)</sub>	Défaut <sub>(d+1)</sub>
Loc <sub>(l)</sub> (x,y,z)	Loc <sub>(l)</sub> (x,y,z)	Loc <sub>(l)</sub> (x,y,z)
Loc <sub>(l+1)</sub> (x,y,z)	Loc <sub>(l+1)</sub> (x,y,z)	Loc <sub>(l+1)</sub> (x,y,z)
...	...	...
Loc <sub>(l+∞)</sub> (x,y,z)	Loc <sub>(l+∞)</sub> (x,y,z)	Loc <sub>(l+∞)</sub> (x,y,z)
...	...	...
Défaut <sub>(d+∞)</sub>	Défaut <sub>(d+∞)</sub>	Défaut <sub>(d+∞)</sub>
Loc <sub>(l)</sub> (x,y,z)	Loc <sub>(l)</sub> (x,y,z)	Loc <sub>(l)</sub> (x,y,z)
Loc <sub>(l+1)</sub> (x,y,z)	Loc <sub>(l+1)</sub> (x,y,z)	Loc <sub>(l+1)</sub> (x,y,z)
...	...	...
Loc <sub>(l+∞)</sub> (x,y,z)	Loc <sub>(l+∞)</sub> (x,y,z)	Loc <sub>(l+∞)</sub> (x,y,z)

C. « Injection » automatique des rapports d’inspections dans notre système de GMAO

Pour automatiser toute la chaîne de production, de la prise de vue au déclenchement d’une intervention sur le site, nous avons comme objectif de connecter la future plateforme de traitement de données à notre système GMAO. Une fois les défauts qualifiés et géolocalisés un rapport d’inspection numérique devra être généré par le système dans le(s) format(s) demandé(s) par nos clients et être compatible avec notre application de gestion.

VII. CONCLUSIONS

Ce projet nous apprend que, l’Intelligence Artificielle et la science des données sont des disciplines nouvelles qui petit à petit commencent à voir le jour dans nos entreprises de BTP.

Un projet « IA » s’appréhende d’une manière différente que n’importe quel autre projet IT classique. Il demande de se confronter à des connaissances, approches et méthodologies très différentes auxquelles nous avons l’habitude de nous « frotter ».

Indéniablement, l’intelligence artificielle va nous aider à mettre en place de nouveaux outils qui vont révolutionner notre manière de travailler. Mais un travail d’acculturation est nécessaire pour ne pas « se perdre » et bien clarifier les besoins, objectifs et les livrables attendus. Non ! L’Intelligence Artificielle ce n’est pas magique !

Plus de 50 % d’un projet « IA » concerne la donnée, son organisation, sa structuration et sa gestion. Il est donc indispensable d’intégrer des experts du domaine : Data Scientistes.

Cette expérience nous a considérablement enrichis. Elle nous permet aujourd’hui de nous conforter dans notre démarche de création d’outils à hautes valeurs ajoutées.