

En piste pour l'automatisation des relevés de dégradations !

Fabien Menant
Univ. Eiffel

Michaël Broutin
STAC

Plan de la présentation

- **Contexte et ambitions**
- **Description de la solution technique**
- **Retours d'expérimentations**
- **Conclusion**

Contexte

- **Gestion de patrimoine**

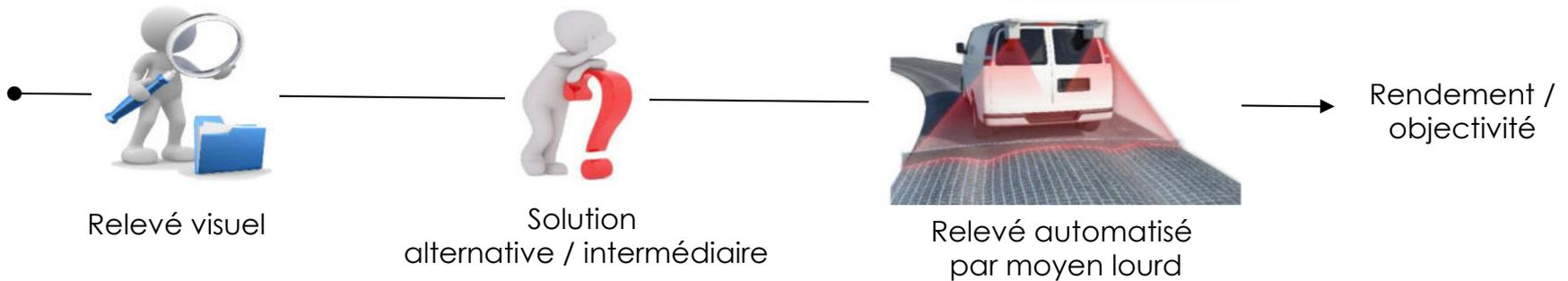
- **Surveillance des plateformes aéroportuaires**
- **La France : un des plus gros patrimoines aéroportuaires européen**
 - **160 aéroports civils et militaires**
 - **Pistes revêtues, taxiway, parking, voies de dégagement...**
- **Des millions de m² de chaussées aéroportuaires à surveiller et entretenir**
- **Méthode historique : Indice de Service**

IS = f(nature dégradation, longueur, occurrence)

IS ∈ [0; 100] ; 100 (aucune dégradation) => 10 (fermeture)



Méthodes et équipements de surveillance



Critères d'application des moyens lourds	Limitation
Coût	Contraintes budgétaires pour aéroports régionaux et/ou chaussées non "stratégiques"
Déployabilité	Cas des aéroports situés en DOM-TOM
Disponibilité	Procéder au relevé à un moment opportun & suivi régulier

- **Opportunité de proposer un moyen alternatif pour certains cas de figure :**
Financièrement accessible, facile et rapide à mettre en oeuvre mais avec une automatisation du relevé ainsi que du traitement

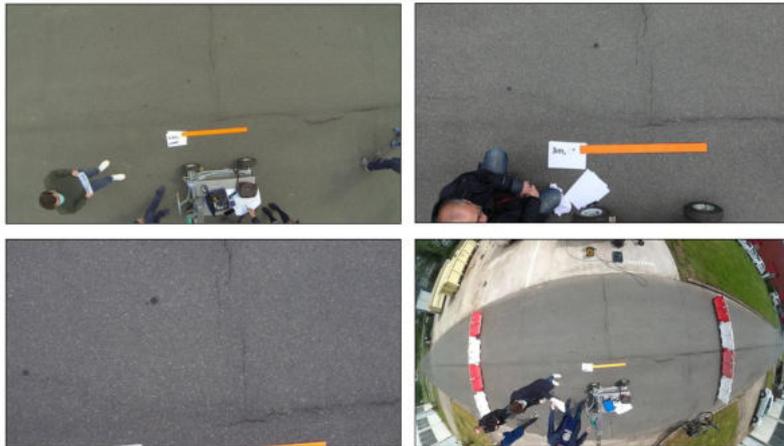
Travail collaboratif

- **Collaboration STAC – UGE initiée dans un AAP FEREC**
- **Extension à ADP**
- **Prolongation / pérennisation via une convention de recherche**

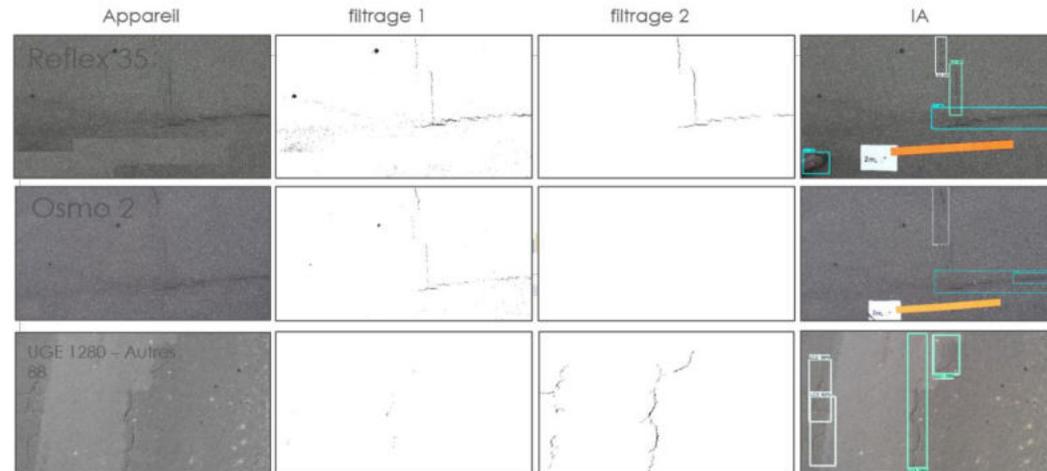


Les travaux préliminaires

- Choix de l'imageur & prises de vue (hauteur, angle, etc.)



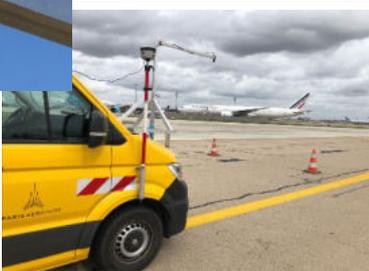
- Méthodes de traitement



- et aussi : les outils logiciels pour l'acquisition, la vitesse de relevé, etc.

La solution étudiée

Imageur mono-camera couplé
avec GPS



Résolution au sol ~ 1mm / pixel



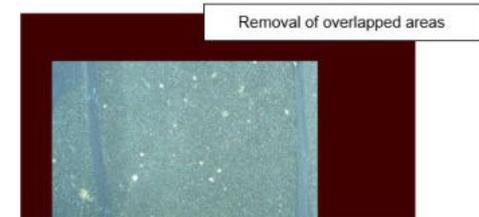
Mode de relevé terrain



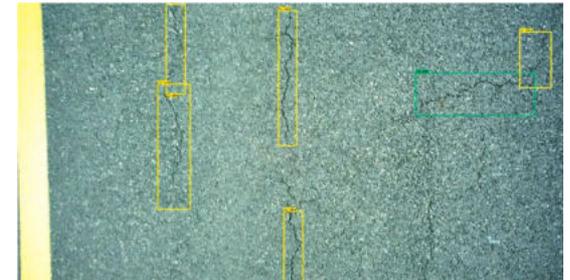
Vitesse : 20-30 km/h
Dimension image au sol : 1.6m x 3m
Définition des « bandes »
Chevauchement volontaire en X et Y



Pré-traitement (cropping)



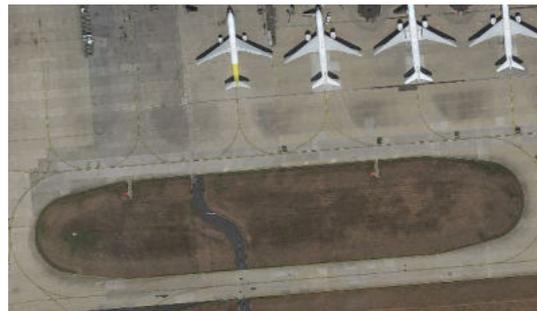
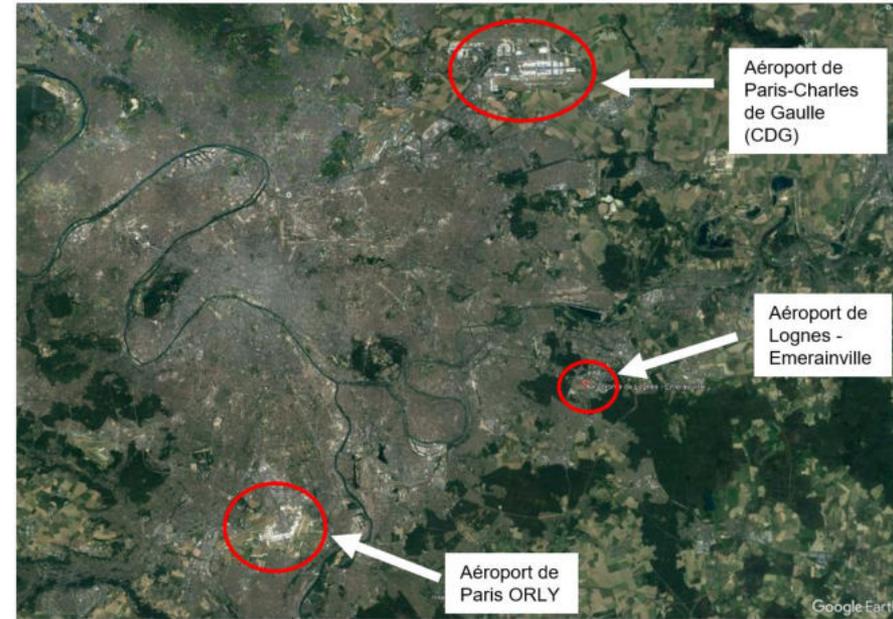
Détection, identification et localisation du défaut



Lieux d'expérimentations

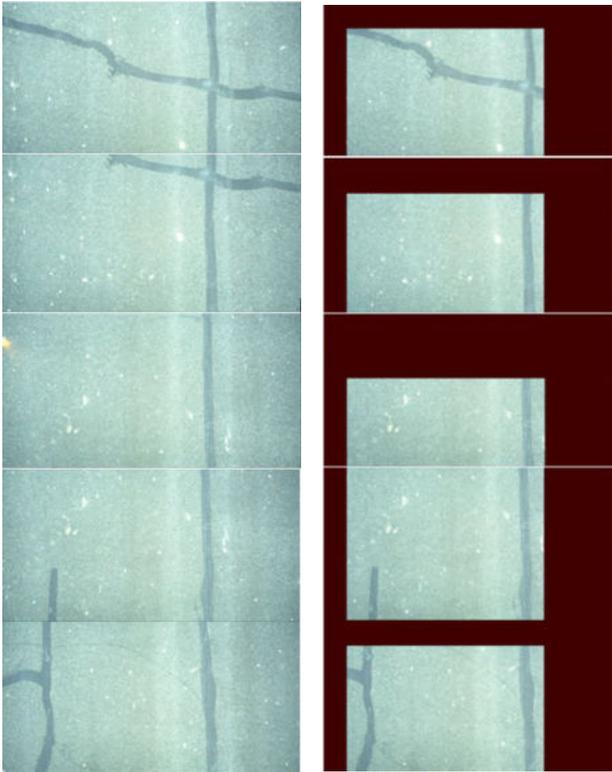
• 3 sites d'essais

- Piste 08/26 de l'aéroport de Lognes-Emerainville (enrobé)
- Voies MIKE et CHARLIE de l'aéroport de Paris Charles de Gaulle (enrobé & dalles de béton)
- Piste 02/20 et voie W47 de l'aéroport de Paris ORLY (enrobé & dalles de béton)



Notes sur le traitement des images (1)

■ Recadrage des images (cropping)



■ Apprentissage profond (rés. neuronaux)



➤ avec Tensorflow

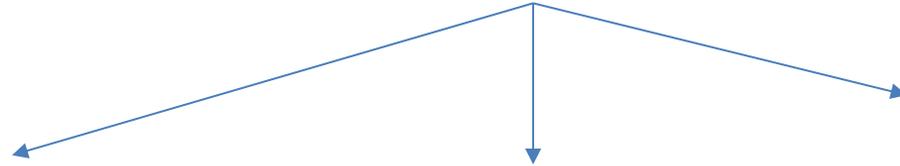
➤ depuis modèles pré-entraînés

➤ Tests avec plusieurs types de modèles

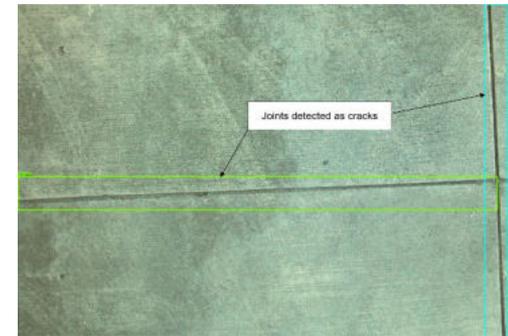
➤ Transférabilité depuis des modèles entraînés sur réseaux routiers secondaires (approche caméras embarquées sur véhicules traceurs)

Notes sur le traitement des images (2)

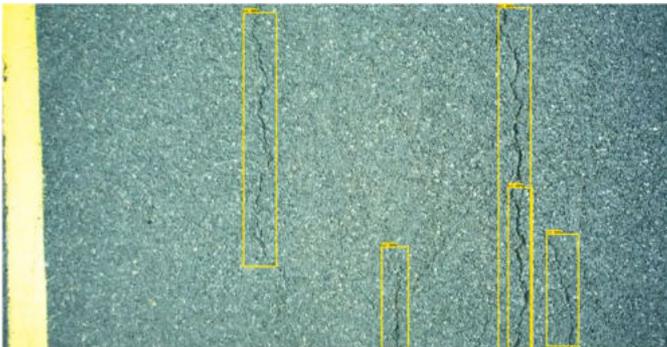
- Réentrainement d'un modèle DL qui prend en charge :



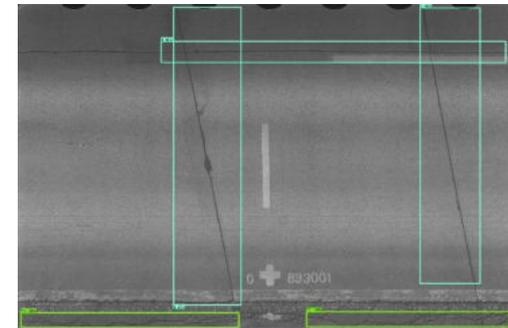
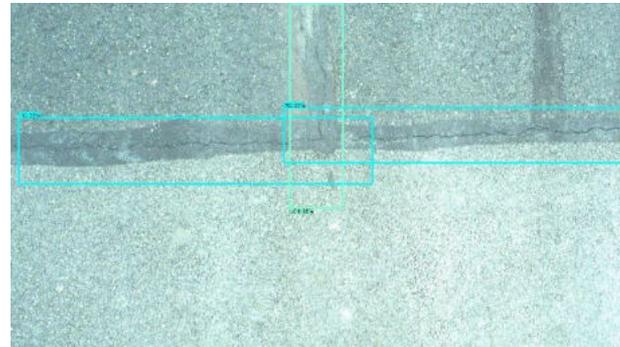
➤ Fissuration & joints de dalles béton



➤ Fissuration (FL, FT, FAI)



➤ Fissuration dans réparation



Travaux de R. A. Roberts (Post-doctorant UGE)

Notes sur le traitement des images (3)

- Des méthodes analytiques (sans IA) / outils existants qui fonctionnent :

- Mais....

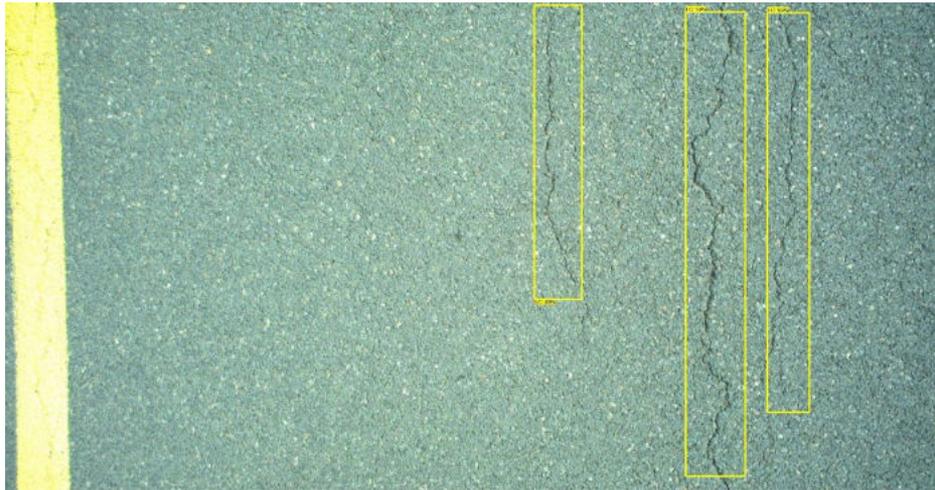


- Nécessitent très souvent un paramétrage / réglage au cas par cas et à la main
- Résultats perfectibles en présence d'ombres portées, de flou de bougé, d'objets particuliers (ex : plots lumineux, marquage)
- Règles de classification des objets segmentés pas si évidentes à mettre en place (gestion des « bouts de fissure », orientation de la fissure, fissures isolées ou faïençage, etc.)
- Temps de calcul / image parfois (trop) long

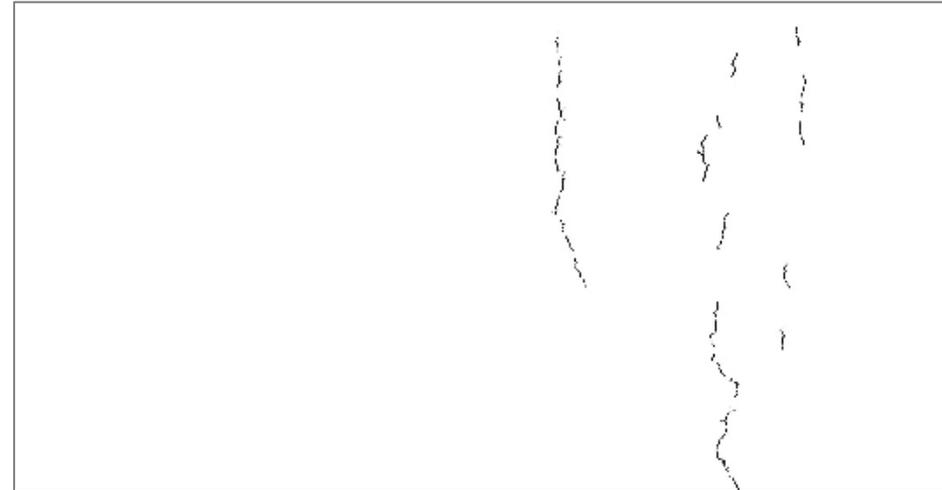
Exemples de résultats sur chaussée souple (1)

- Cas « simple » de FL

- Technique DL



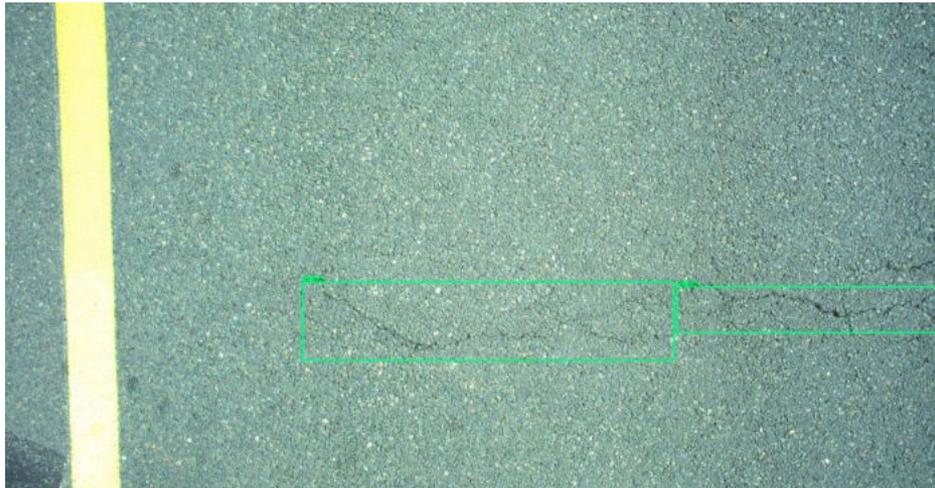
- Technique analytique



Exemples de résultats sur chaussée souple (2)

- Cas « simple » de FT

- Technique DL



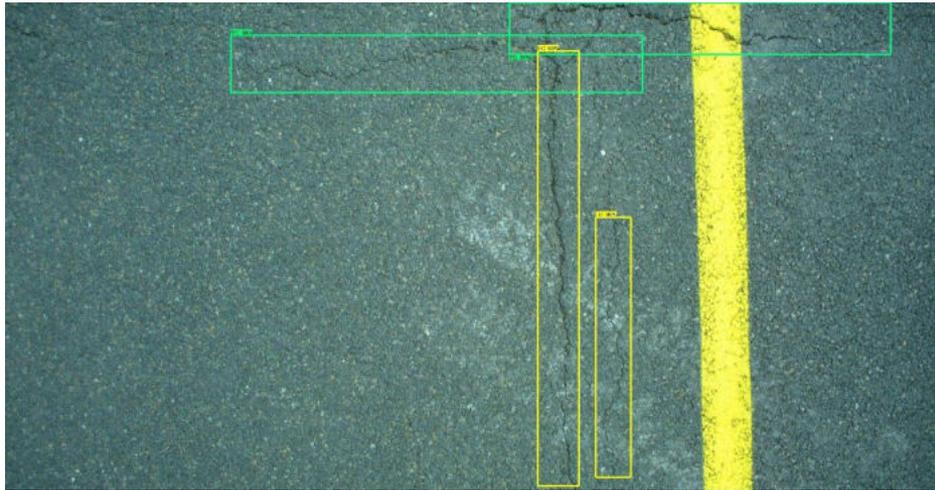
- Technique analytique



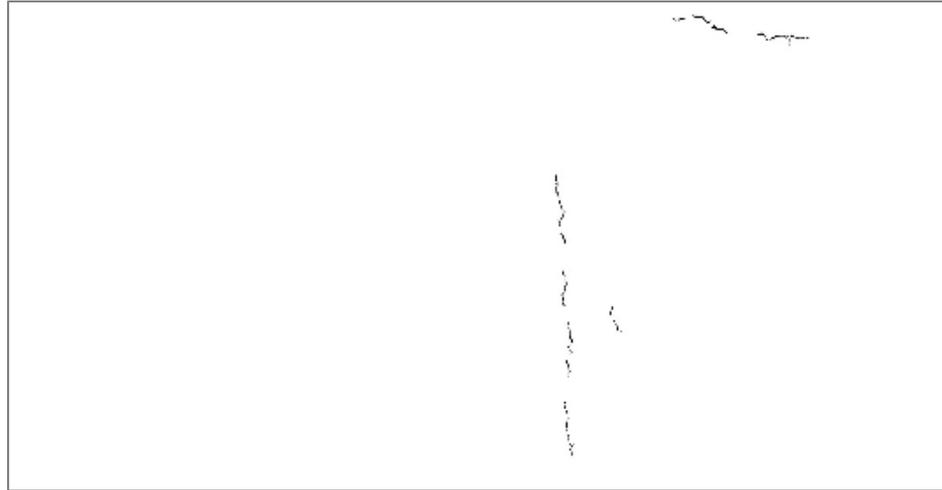
Exemples de résultats sur chaussée souple (3)

- Cas « simple » de FL + FT

- Technique DL



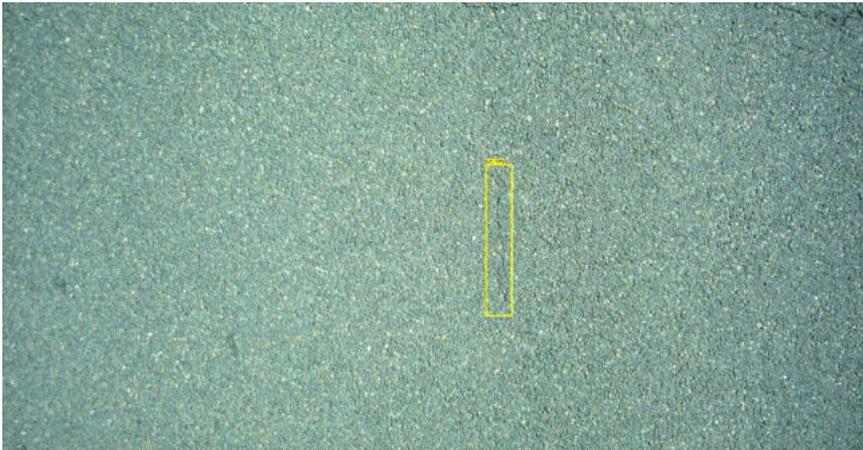
- Technique analytique



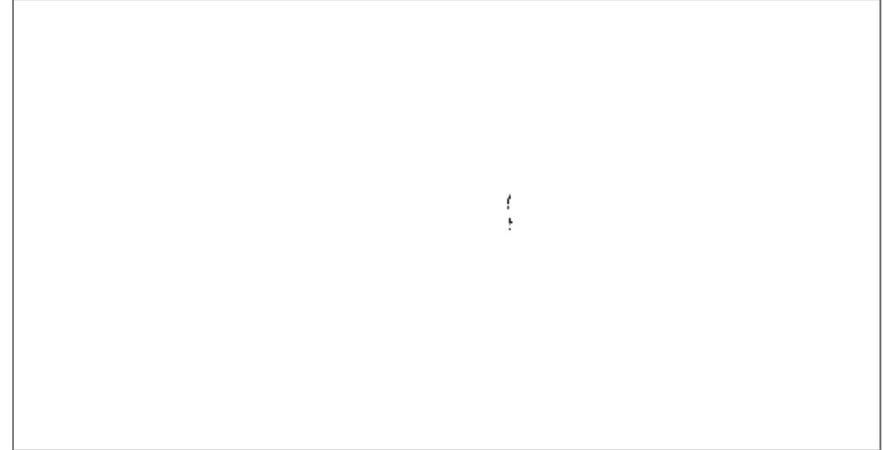
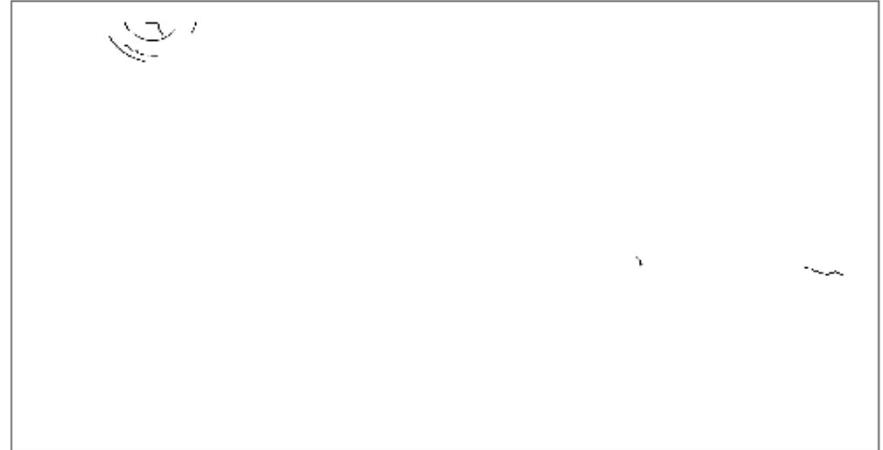
Exemples de résultats sur chaussée souple (4)

■ Cas difficiles

➤ Technique DL



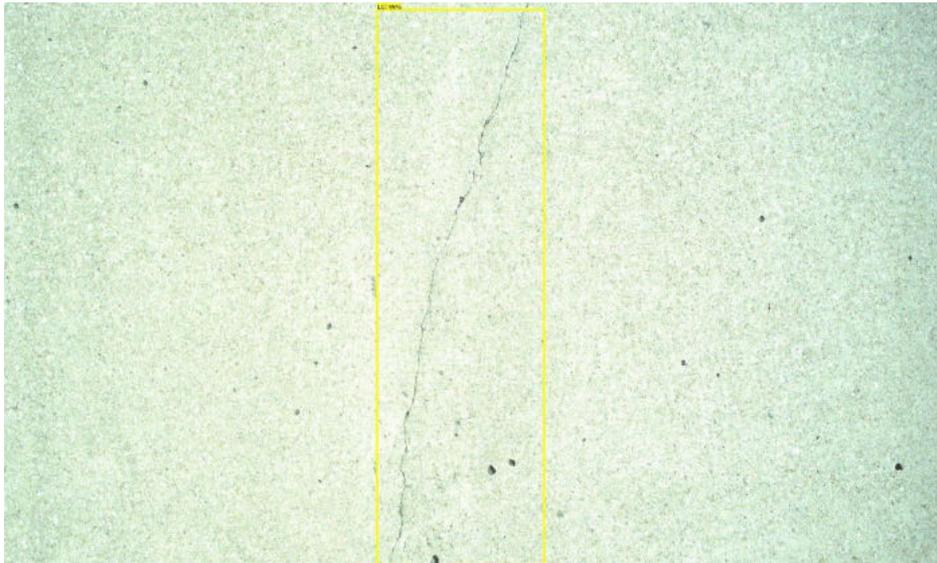
➤ Technique analytique



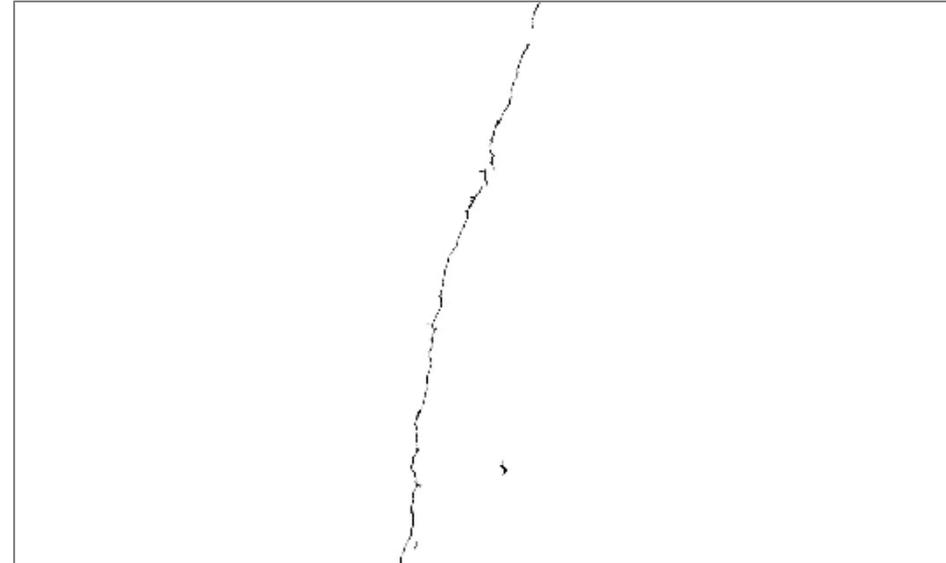
Exemples de résultats sur chaussée rigide (1)

- Cas « simple » de FL

- Technique DL



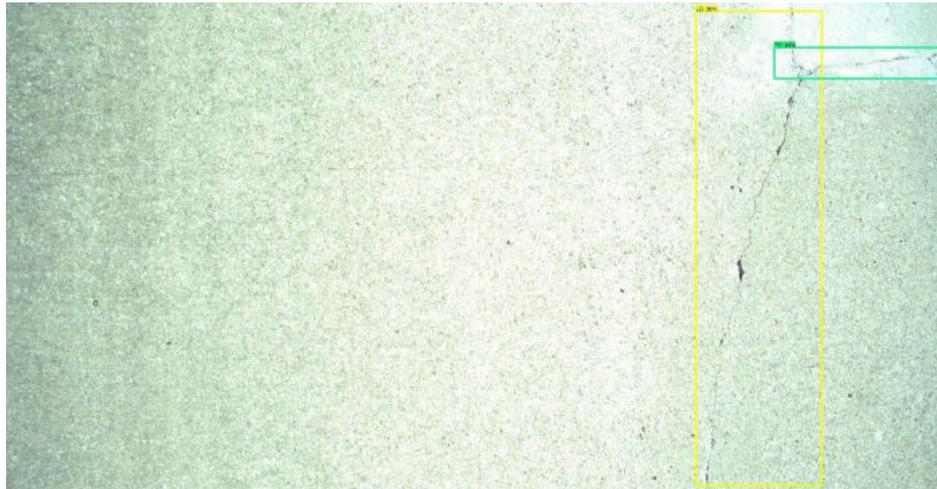
- Technique analytique



Exemples de résultats sur chaussée rigide (2)

- Cas « simple » de FL + FT

- Technique DL



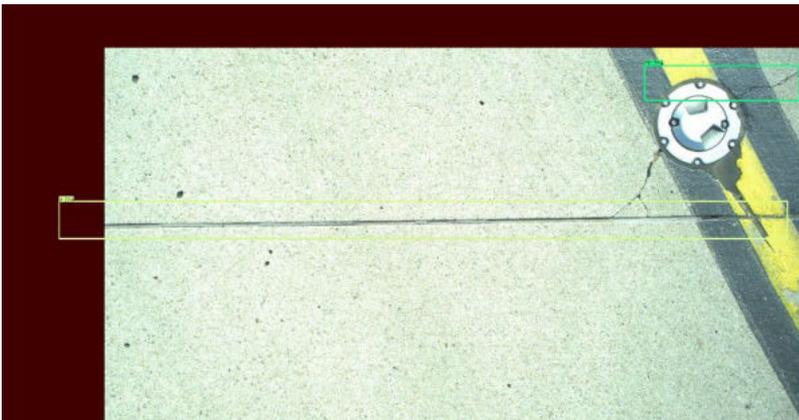
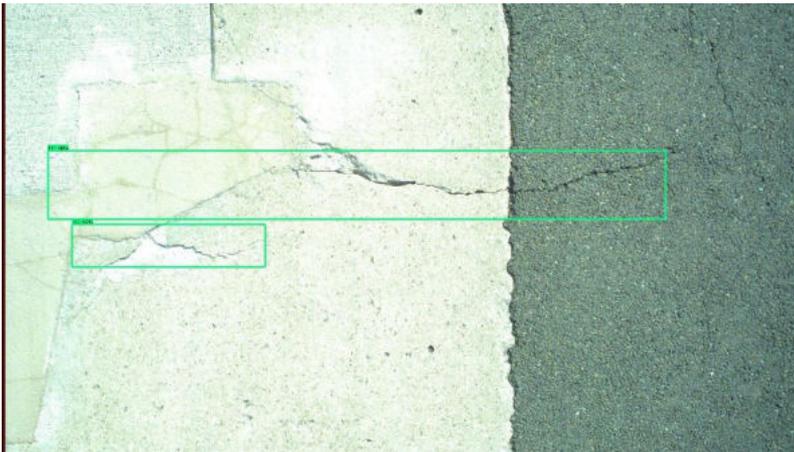
- Technique analytique



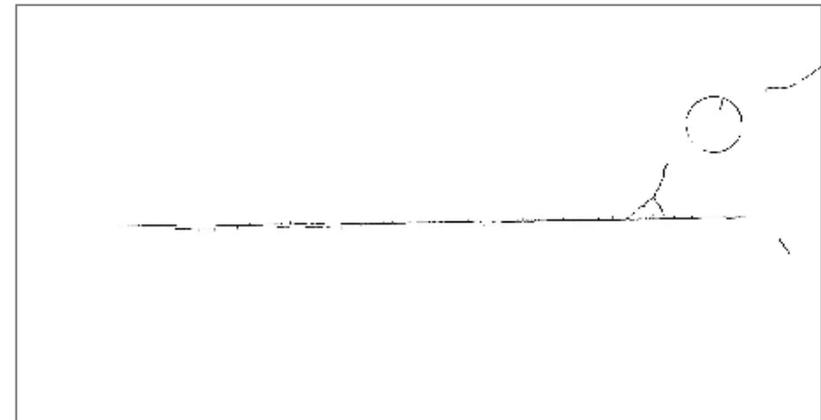
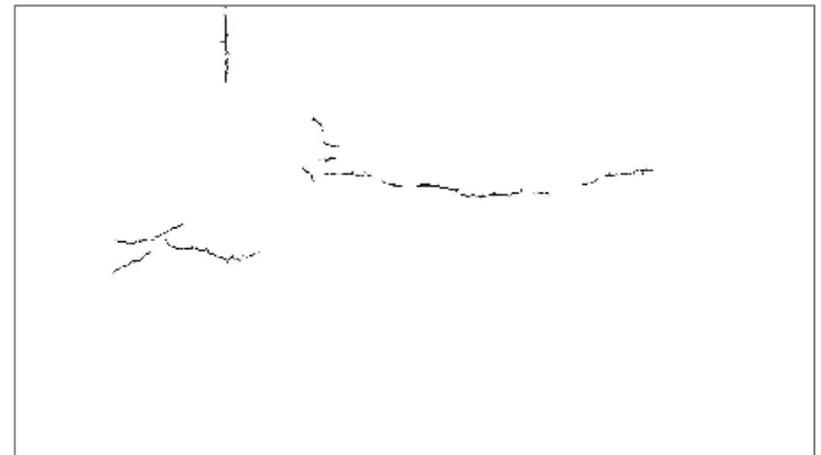
Exemples de résultats sur chaussée rigide (3)

■ Cas difficiles

➤ Technique DL

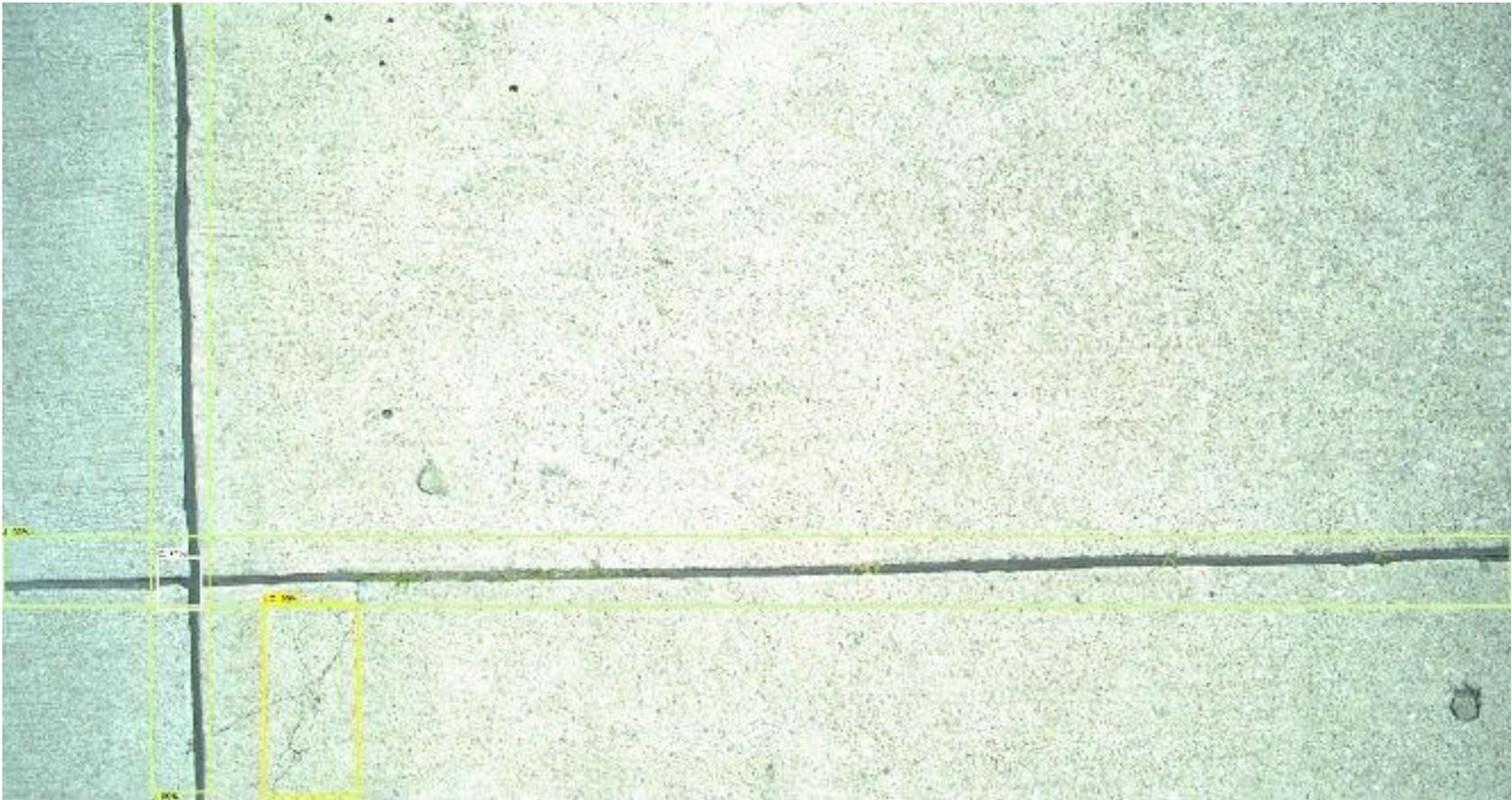


➤ Technique analytique



Autres détections (1)

- Détection des joints et coins de dalles



Autres détections (2)

- Fissuration dans réparation

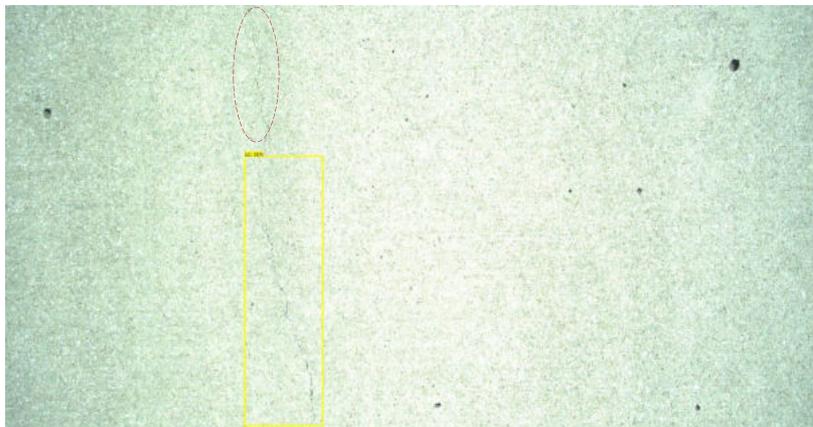
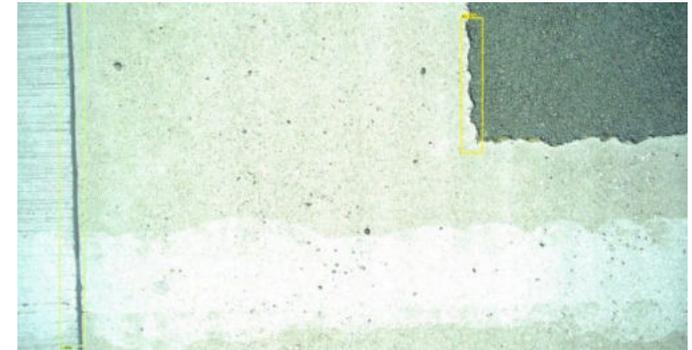


Evaluation quantitative (1)

- Matrice de confusion sur quelques « bandes » de mesure sur chaussée rigide (relevés sur piste CDG)**
 - Vérité terrain visuelle par visionnage (panel d'experts)**

	Vrais Positifs	Faux Positifs	Faux Négatifs	Précision	Rappel	F1-score
Fiss. Long.	213	58	59	79%	78%	78%
Fiss. Transv.	100	32	29	76%	78%	77%
Joint	88	2	3	98%	97%	97%
Coin de dalle	21	0	1	100%	95%	98%

Exemples de Faux Positifs



Evaluation quantitative (2)

- Linéaire de fissuration sur quelques « bandes » de mesure sur chaussée souple (relevés sur piste CDG)

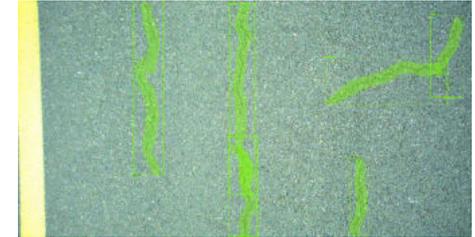
	Longueur de fissuration correctement détectée (m)	Vérité terrain sur longueur de fissuration (m)	Ratio détection / vérité terrain (%)
Fissuration longitudinale	744.75	1080.33	69%
Fissuration transversale	632.76	638.47	99%
Total fissuration	1377.51	1718.8	80%

- Exemples de Vrais Positifs + Faux Négatifs



Conclusion et Perspectives

- ✓ Preuve de faisabilité de la solution proposée relativement aux objectifs initiaux
- ✓ Efficacité du DL pour la détection et la classification des dégradations dans les jeux d'images
- ✓ Des résultats satisfaisants, mais besoin d'étoffer le catalogue des dégradations détectées
- Poursuite analyse expérimentations 2023 + nouveaux sites expérimentaux en 2024
- Evolution / amélioration de l'instrumentation et du système d'acquisition en respectant le cadre des contraintes financières et opérationnelles
- Enrichir le modèle de DL avec de nouveaux types de dégradations
- Tester d'autres modèles
- Travailler le post traitement, rendu graphique : mapping, géoréférencement des images et des dégradations
- Déploiement pour faire évoluer nos méthodes de relevés



Merci de votre attention

michael.broutin@aviation-civile.gouv.fr
DGAC / STAC

fabien.menant@univ-eiffel.fr
UGE / LAMES