

À la découverte de l'adhérence sur contaminants hivernaux

Aérodrome de Mont Dauphin St-Crépin

Célien GOOSSAERT et Yasmine EL KHATTABI
Service technique de l'aviation civile

Crédit photo STAC

- 1) Contexte
- 2) Mise en place et programme d'essais
- 3) Premiers résultats
- 4) Analyse des résultats
 - a. Global Reporting Format en parallèle de la friction
 - b. Aspect probabiliste
 - c. Variation paramétrique du CFL F
 - d. Comparaison du CFL F et CFL C
- 5) Perspectives



CONTEXTE DE L'ADHÉRENCE HIVERNALE AÉRONAUTIQUE

Application et applicabilité du Global Reporting Format pour les contaminants hivernaux

- GRF permet de communiquer un RWYCC afin d'estimer la glissance de la piste pour le pilote
- Méthode élémentaire et rapide en termes de communication
- Efficace sur l'eau (3mm)
- Trop subjective, hétérogène et évolutive
- Est-elle viable et pratique pour un exploitant d'aéroport en période hivernale ?
- Reflète-elle la véritable glissance de la piste ?
- **Mise en pratique du GRF**

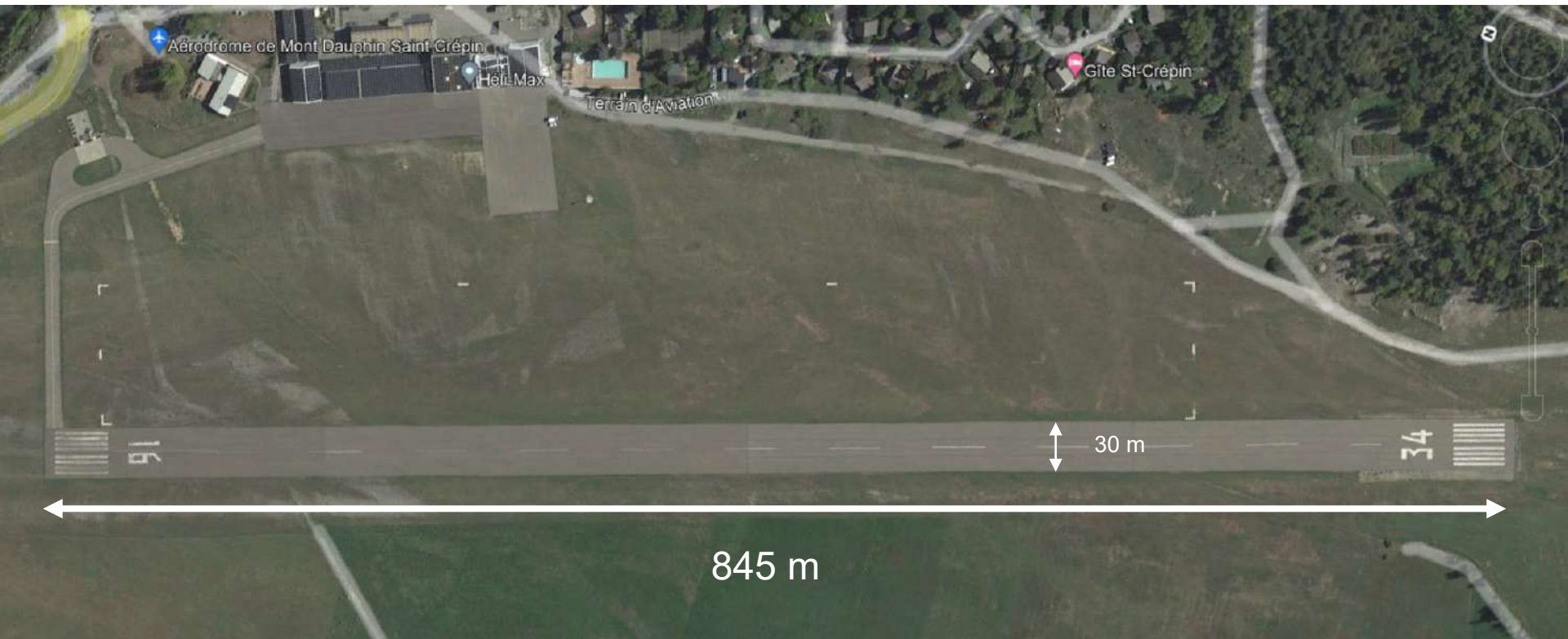
Travaux de recherche relatifs à la performance freinage sur contaminants hivernaux

- Thèse en cours, « Modélisation multiparamétrique de la performance freinage avion à partir de mesures d'adhérence en conditions hivernales », C.Goossaert, M.Kane
- Observation du comportement des machines d'adhérence (température, vibration ...)
- Intercomparaison IMAG / STFT sur neige



MISE EN PLACE ET PROGRAMME D'ESSAIS

L'aéroport en question ...

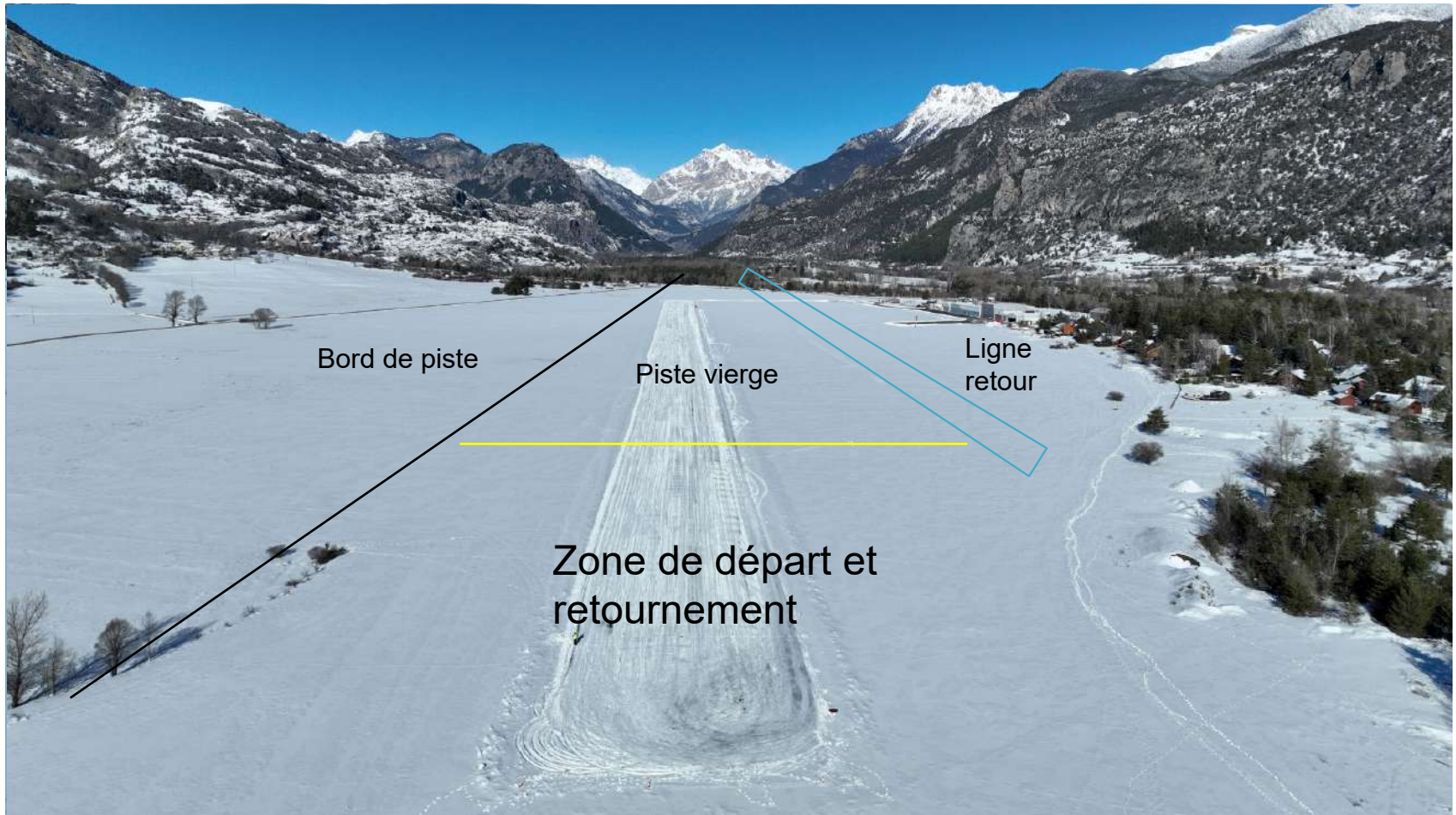


Les moyens

- Equipe
 - 2 conducteurs
 - 2 opérateurs (+ SRT man)
 - 1 GRF man (drone man)
 - 1 superviseur piste
 - 1 photographe
- IMAG G117 (pneu rainuré AIPCR)
- SARSYS STFT
- Pendule SRT
- Capteur de contaminants Teconer



Plan d'expérience





PREMIERS RÉSULTATS

Contrôle et stabilité machine

Il est important de vérifier l'asservissement de l'IMAG en matière de taux de glissement...

A iso-vitesse...

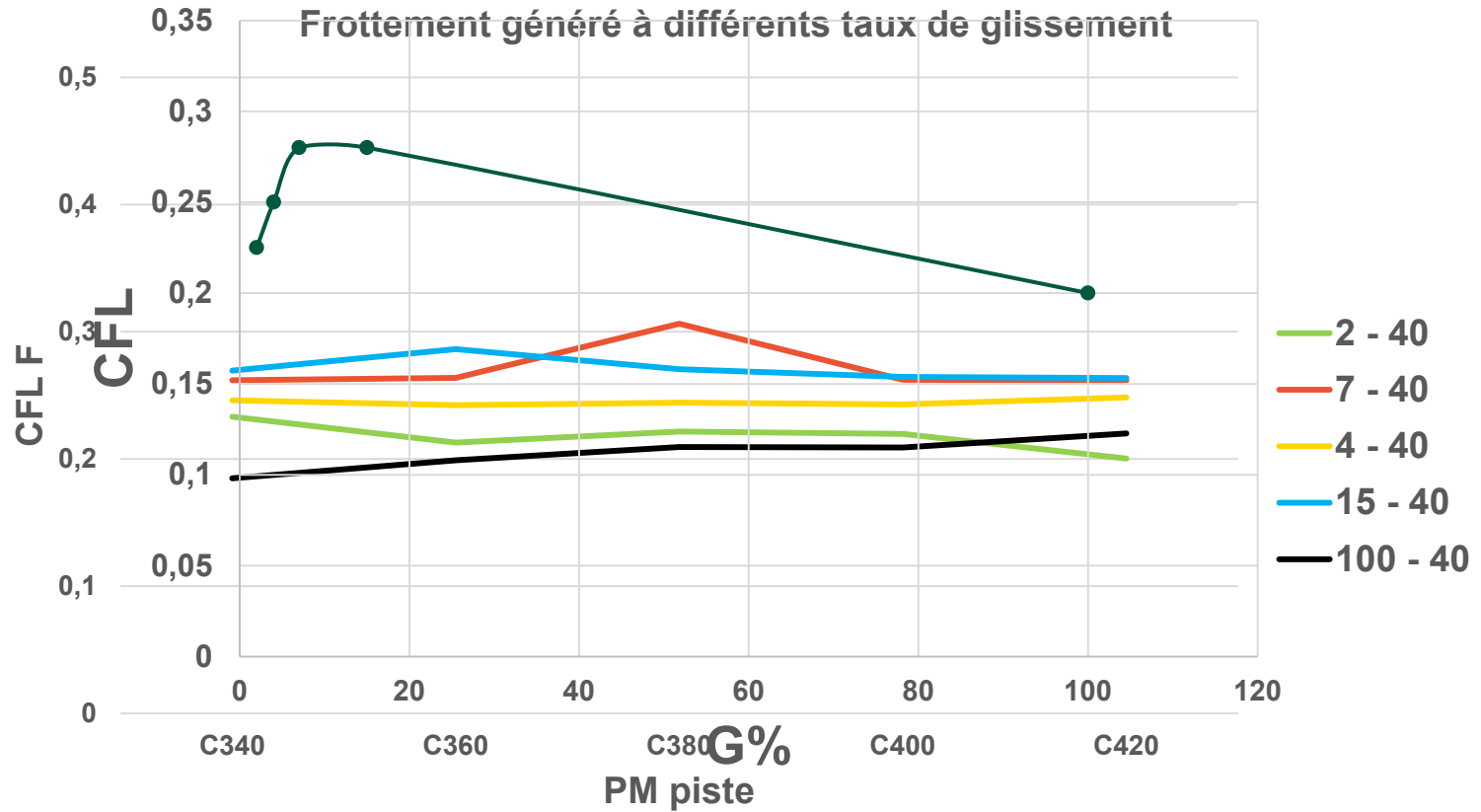
A iso-contaminant...

Conclusion

- Variation paramétrique de l'adhérence à étudier sur de très petites zones
- Ne pas prendre en compte la neige fraîche (h>20cm)
- **Equiper les roues porteuses de pneus hiver**



Variations paramétriques du CFL – 1 exemple



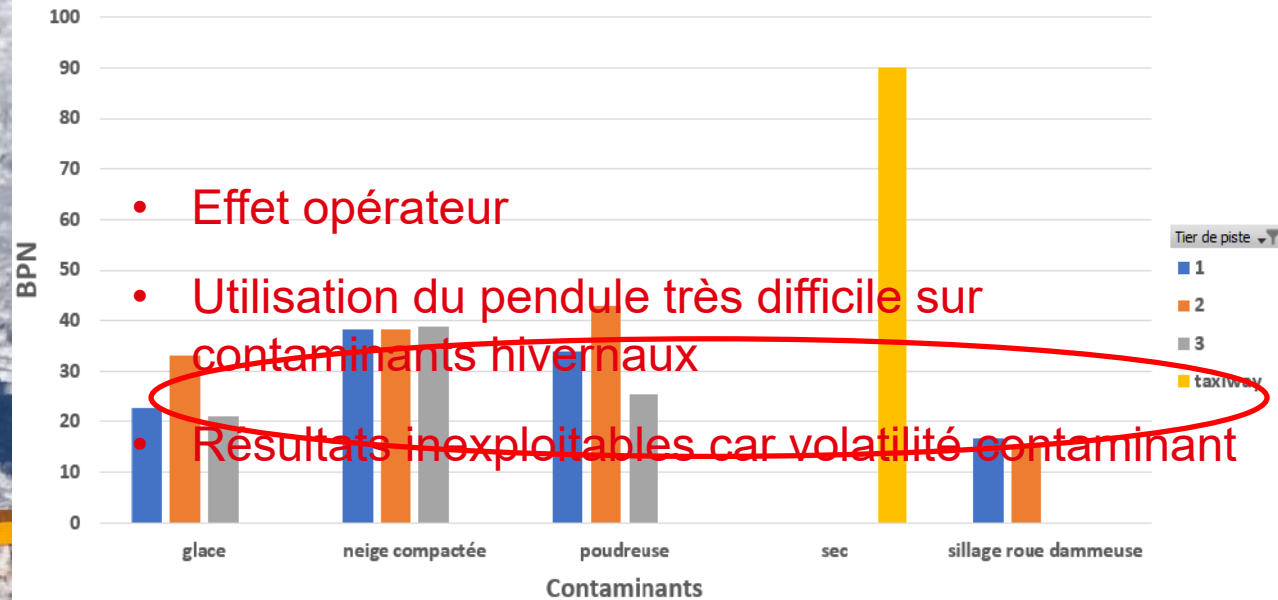
NEIGE COMPACTEE

Pendule SRT



fois

Date	Heure	Opérateur	Contaminant	commentaire	Tier de piste	T° patin	T° surface	R1	R2	R3	R4	R5
18-janv	10:30	Arnaud	neige compactée	Test procédure	seuil 34	4,1	-0,5	50	49	47	45	44
18-janv	11:20	Arnaud	sillage roue dammeuse	Le protocole des 5 répétitions par contaminant fonctionne plutôt bien	3	1,3	-1	37	20	10	10	10
18-janv	11:25	Arnaud	poudreuse		3	2,8	-1,4	10	20	28	26	22

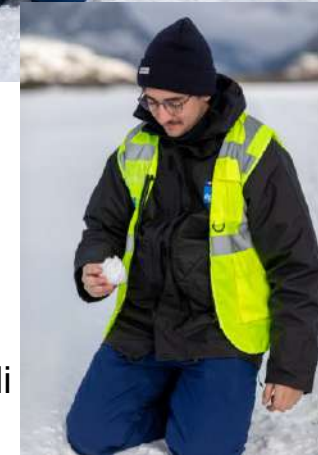


- Effet opérateur
- Utilisation du pendule très difficile sur contaminants hivernaux
- Résultats inexploitable car volatilité contaminant

Global Reporting Format

Mise en pratique du Global Reporting Format par le STAC

Date	Heure	Tlor de piste	T° surface	T° air	Pression de l'air	hauteur de contaminant (mm)	description	nature du contaminant	couverture
17-janv	16:33	3	-1,7	4	878	135		Neige mouillée	100
17-janv	16:33	2	-1,7	4	878	150		Neige mouillée	100
17-janv	16:33	1	-1,7	4	878	150		Neige mouillée	100
18-janv	10:02	3	-4			130		Neige mouillée	100
18-janv	10:10	3	-1,8		891	20		Neige compactée	100
18-janv	10:18	2	-2,4		891	130		Neige mouillée	100
18-janv	10:21	2	-1,4		891	20	plus 20 mm de glace	Neige compactée	100
18-janv	10:25	1	-1,6		891	130		Neige mouillée	100
18-janv	10:26	1	-1,5		891	25	plus 5 mm de glace	Neige compactée	100
18-janv	12:08	3	-2,3		891	140		Neige mouillée	100
18-janv	12:11	3	-0,7		891	15		glace	10
18-janv	12:16	2	-2,3		891	140		Neige mouillée	100
18-janv	12:22	1	-2,3		891	125		Neige mouillée	50
18-janv	12:23	1			891	25		Neige compactée	
18-janv	12:24	1			892	20		glace	10
18-janv	17:07	1	-8,1			90		Neige mouillée	100
18-janv	17:08	1	-3,9			45		Neige compactée	100
19-janv	10:17	3	-11,5	-6	901	40		Neige compactée	100
19-janv	10:30	2	-10,7	-6	901	35		Neige compactée	100
19-janv	10:38	1	-10,2	-6	901	30		Neige compactée	100
19-janv	11:07	3	-12		901	80		Neige mouillée	100
19-janv	11:07	2	-12		901	50		Neige mouillée	100
19-janv	11:07	1	-12		901	40		Neige mouillée	100
19-janv	11:26	3	-6,3		901	50		Neige compactée	100
19-janv	11:26	2	-6,3		901			Neige compactée	100
19-janv	11:26	1	-6,3		901	30		Neige compactée	100
19-janv	11:32	3	-7,4		901	30		Neige compactée	100
19-janv	11:47	2	-7,4		901	30		Neige compactée	100
19-janv	12:50		-5,2	2	901	20	plus 30 mm de poudreuse	Neige compactée	
19-janv	12:51	1	-6	2	901	2		glace	70
19-janv	12:51	2	-6	2	901			Neige compactée	1
19-janv	12:51	3	-6	2	901			Neige compactée	1

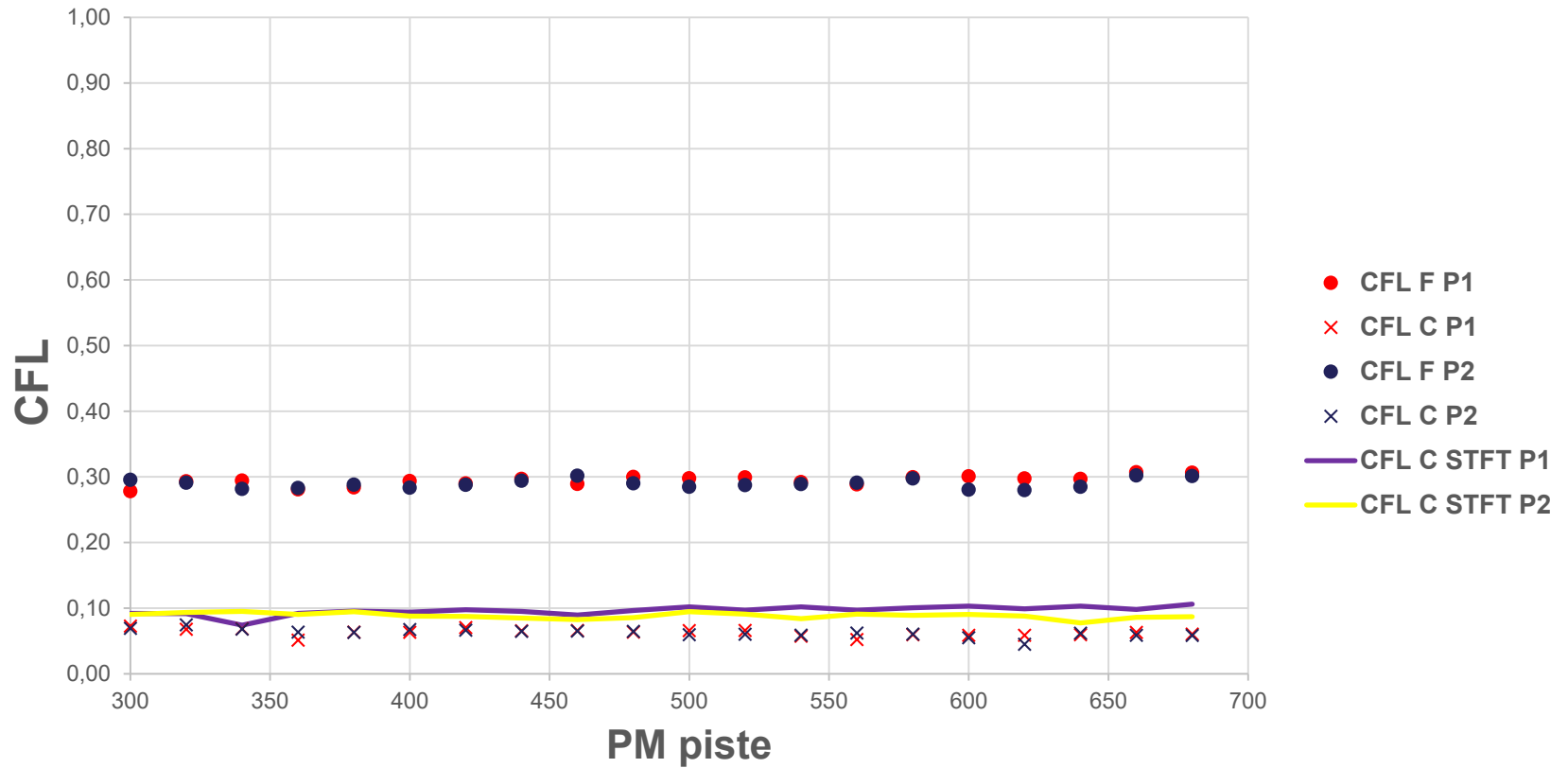


- Difficulté opérationnelle pour les inspections de pistes
- homogénéité des contaminants (nature/hauteur)
 - Souvent le même RWYCC établi
 - Pas adapté à ces contaminants

RWYCC

Intercomparaison IMAG / STFT

Neige fraîche (h>20cm)



Récapitulatif :

- GRF difficile à mettre en place dans la pratique
- Problème d'asservissement du glissement et de la vitesse réelle des machines
- Pendule SRT inexploitable en conditions hivernales
- Exploitation du dataset stabilisé

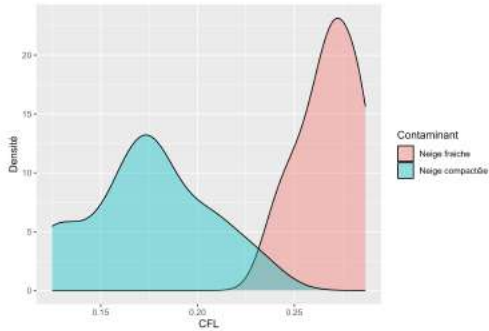


ANALYSE DES RÉSULTATS

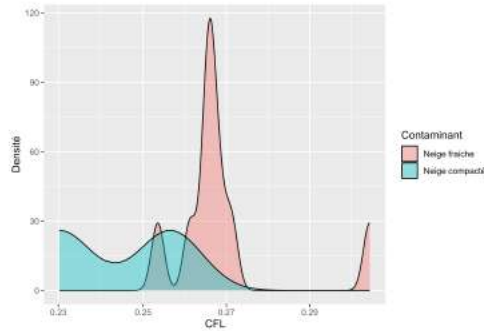
Global Reporting Format en parallèle de la friction

Est-ce que le GRF et ses RWYCC sont représentatifs de l'état réel de glissance ?

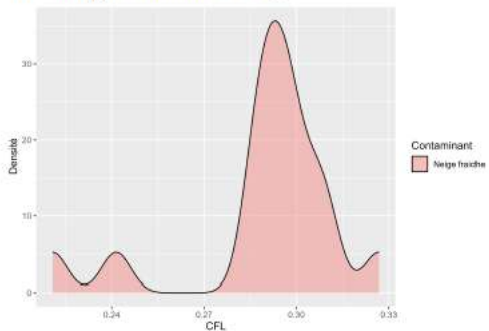
Est-ce possible de classer les contaminants selon leur adhérence ?



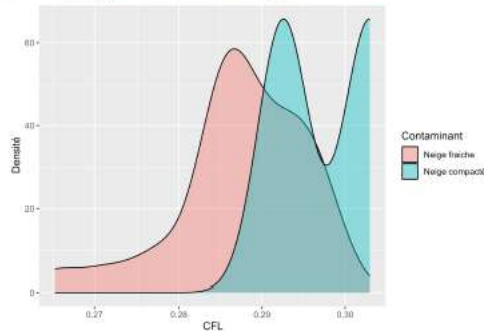
(a) La distribution du CFL par contaminant avec un glissement de 2 %



(b) La distribution du CFL par contaminant avec un glissement de 4 %



(c) La distribution du CFL par contaminant avec un glissement de 7 %



(d) La distribution du CFL par contaminant avec un glissement de 15 %

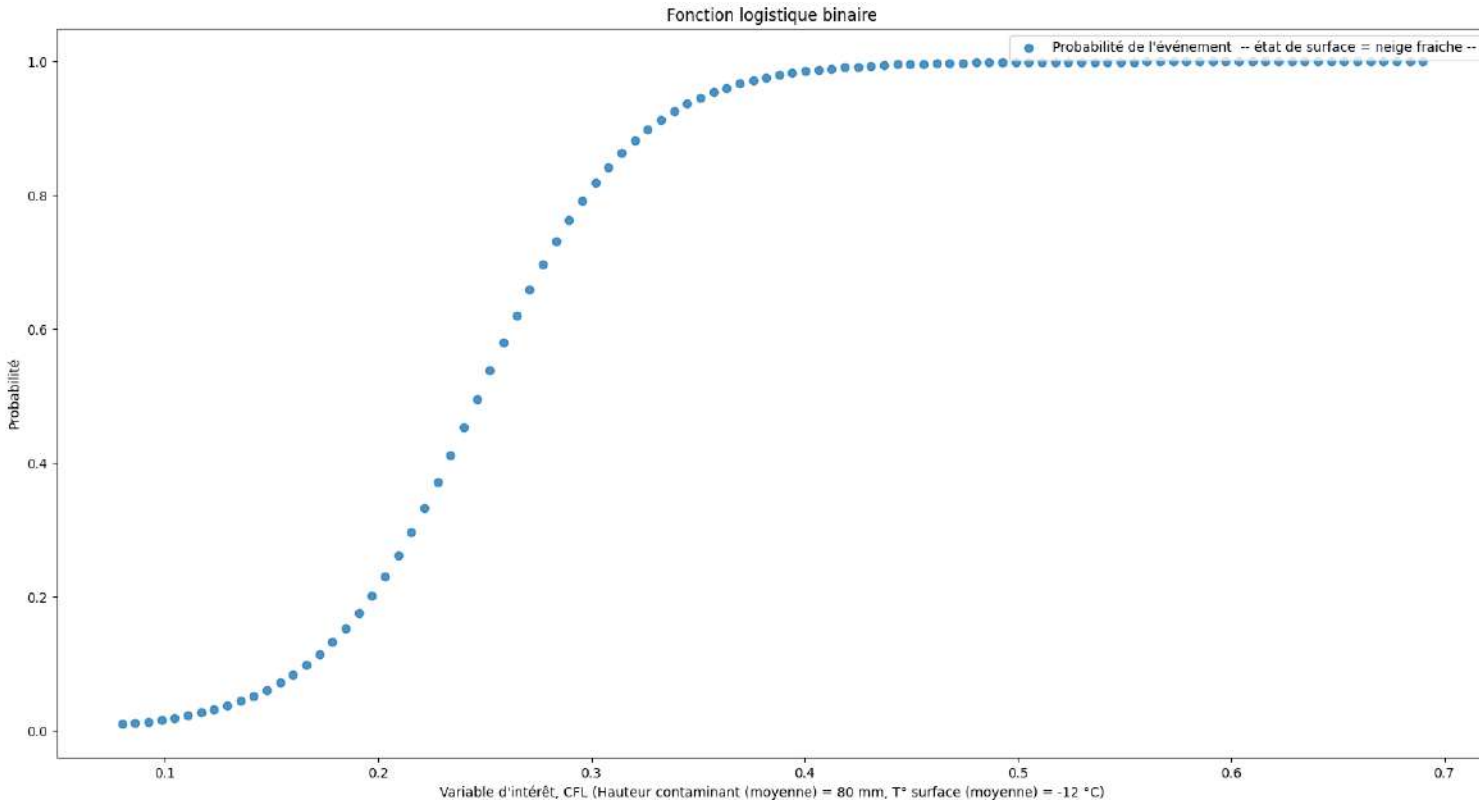
Vitesse fixée à 40 km/h

Bonne discrétisation du CFL par contaminant

Mais pas d'indication par rapport au GRF, puisque seul le RWYCC 3 a été établi

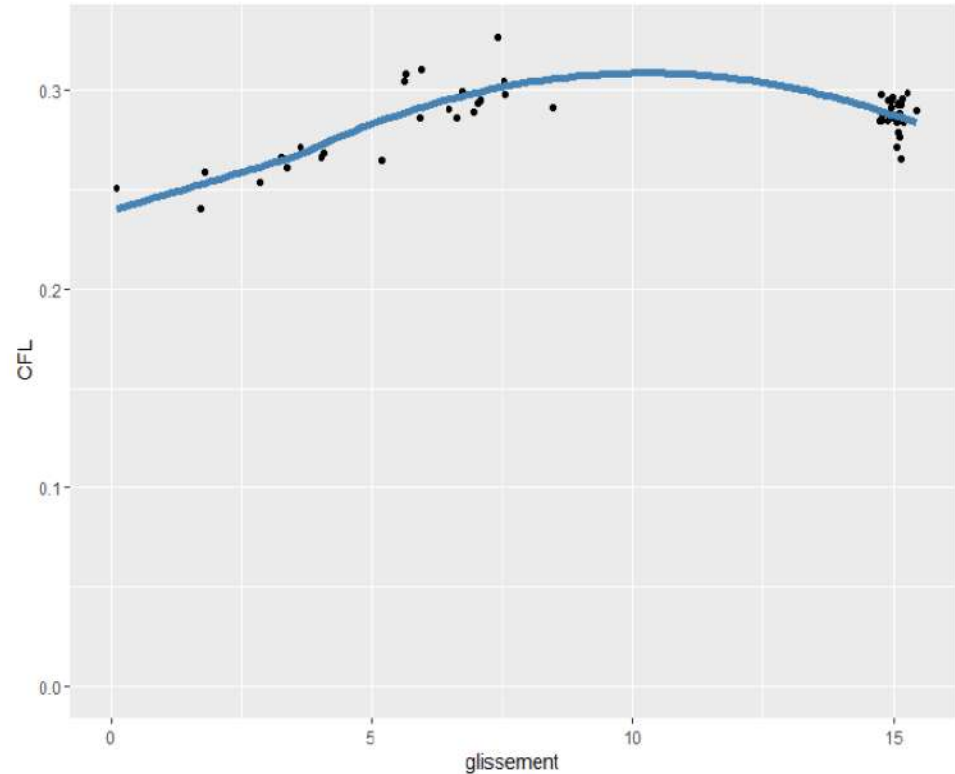
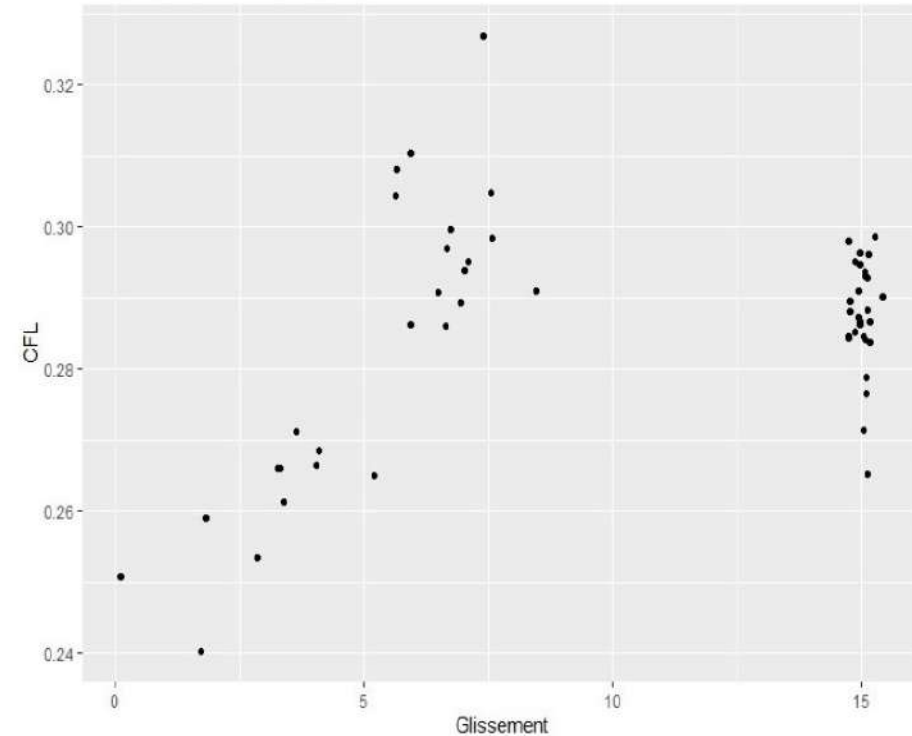
Aspect probabiliste de l'adhérence hivernale – Régression logistique binaire

N°	Classe positive	Moyen ne CFL F	Hauteur contaminant	T° surface	Classe négative	Vitesse	Glissement
1	Neige fraîche	0,96	1,6	1,6	Neige compactée	40	2
3	Neige fraîche	0,89	1,9	0,75	Neige compactée	40	7
5	Neige compactée	0,77	4,5	-0,36	Glace/Neige	40	100
6	Neige compactée	0,66	4,6	-0,10	Glace/Neige	65	100



Variation paramétrique du CFL F par contaminant

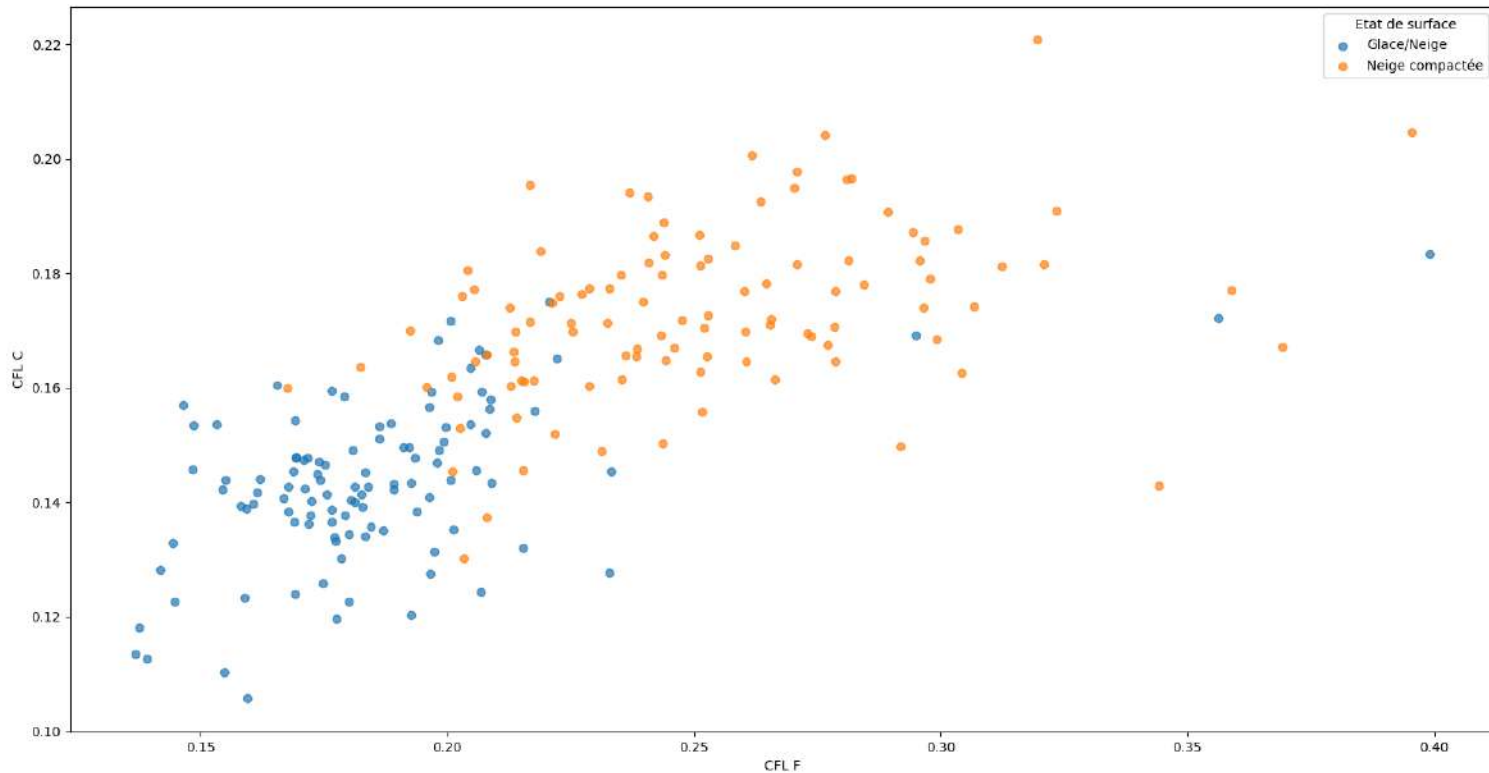
NEIGE FRAICHE (autour des 20 cm)



PBC autour de 3,6 % de glissement et CFLF F max de 0,3 (pas représentatif en raison de la force de trainé sur les capteurs)

CFL F vs CFL C en fonction du contaminant

Idée directrice : observer l'écart entre les deux CFL afin d'expliquer la hauteur du contaminant



Régression possible pour certaines hauteurs de contaminant mais pas généralisable



PERSPECTIVES

Amélioration de l'usage des machines pour des mesures plus répétables et significatives

- Roues porteuses avec pneus neige
- Meilleures connaissances de l'état de surface par usage de capteur
- Disposer de contaminants homogènes entre chaque répétitions et représentatifs du GRF

Possibilité de prédire le contaminant et sa hauteur par rapport au CFL

- DATASET plus hétérogène, en vitesse, glissement, contaminants

Prédiction de la performance freinage avion à partir des mesures d'adhérence opérationnelles

- Intercomparaison Avion – IMAG – STFT
- Caractérisation multiparamétrique de l'adhérence pour chaque contaminants et recherche du PBC
- Comparaisons au GRF sur aéroport international



Merci de votre attention



**Célien GOOSSAERT, chef de projet sécurité adhérence des chaussées aéronautiques
STAC**

celien.goossaert@aviation-civile.gouv.fr

Tel : 06 98 70 21 88