

Modélisation des écoulements et prévision des hauteurs d'eau sur piste

STAC – Jonathan Gerthoffert
CETE de Lyon – Mohamed Bouteldja



STAC

Direction générale de l'Aviation civile - Service technique de l'Aviation civile

www.stac.aviation-civile.gouv.fr

Introduction

- Diminution du coefficient de frottement en présence d'eau
- Fréquence des événements pluvieux
- Incidents récents sur piste mouillée/inondée



Introduction

Performances Avion



SECHE

MOUILLEE

SLIPPERY WHEN WET

CONTAMINEE/EAU STAGNANTE

Contexte & Enjeux

- Maintenance
 - Niveaux minimaux de frottement – « slippery when wet »
 - Détection des zones d'accumulation d'eau
- Surveillance de la piste – information des pilotes

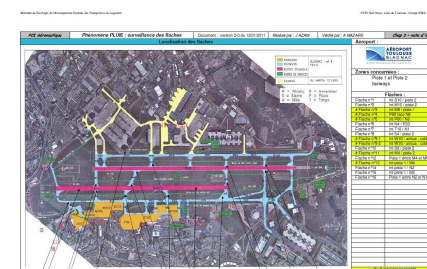




Appareils de mesure du frottement



Superviseur de piste



Expérience/Connaissance de la plateforme



Appareils de mesure de hauteur d'eau

Modélisation



Retours pilote

- **Développement d'un outil de diagnostic des pistes**
 - **détection des zones d'accumulation d'eau,**
 - **détermination de la hauteur d'eau,**
- => estimation de l'adhérence mobilisable**

Solution envisagée

Idée : utiliser les données mesurées sur l'infrastructure pour détecter de manière systématique des zones d'accumulation d'eau et estimer les hauteurs

Intensité de pluie et température



Fichier en entrée : 6 MESURES

Carac. de surface
CFT,
PMP (mm),
Acc. Verticale.

Carac. de géométrie
R de courbure (m),
Dévers (%),
Pente (%).

Évaluer les données, les analyser et les mettre dans un contexte permettant de fournir une information significative.

Traitement données
infrastructures

Algorithme de
diagnostic d'itinéraire

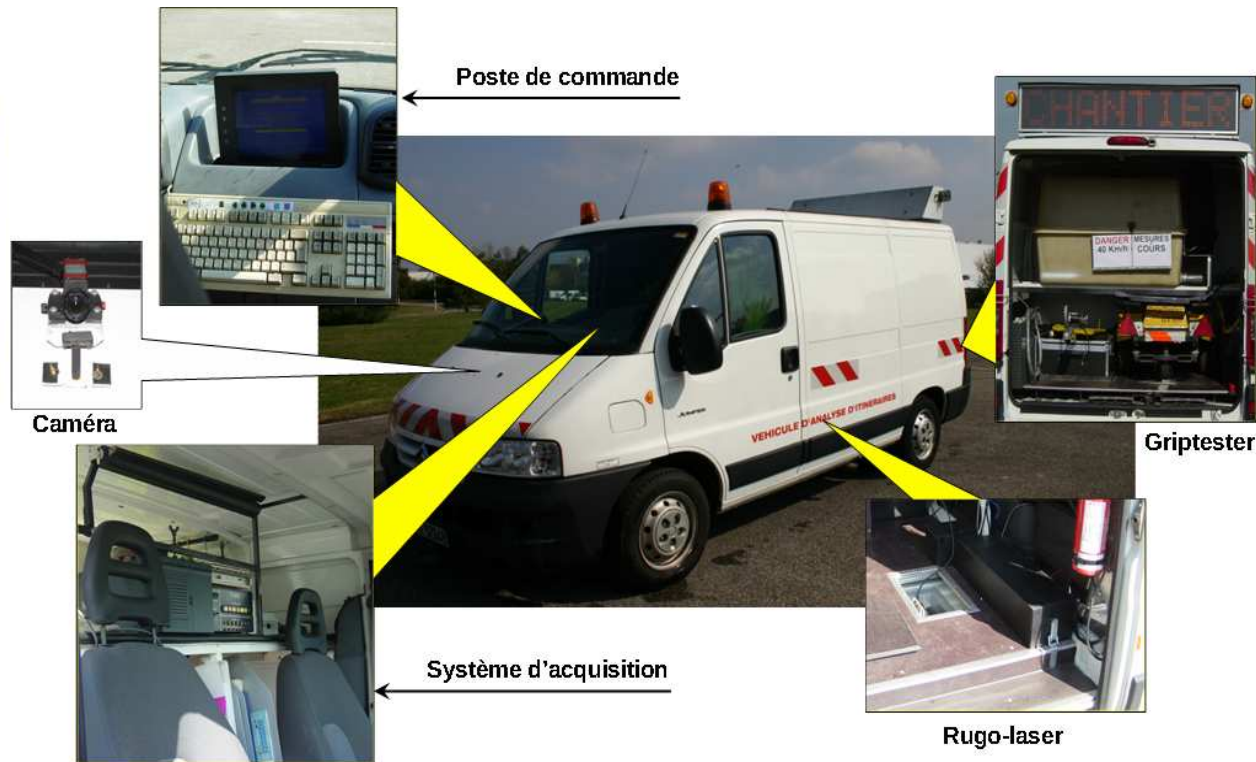
Lignes d'écoulements
d'eau

**Hauteur d'eau sur
chaussée**

Adhérence mobilisable sur chaussée

Evaluation de l'état de la piste

- Véhicule d'auscultation de la route : VANI



- ❑ Capteurs embarqués
 - Centrale gyroscopique,
 - Trois capteurs lasers,
 - Gyromètre.
- ❑ Condition de mesure
 - Vitesse : 40 km/h,
 - Pas de mesure: 1 m.
- ❑ Plages de mesure
 - Rayon: 20 à 600 m,
 - Pentas et dévers: $\pm 15 \%$ (précision: 0,5%).

- Mesures réalisées :



➡ **Caractéristiques géométrique :** Rayon de courbure, pente, dévers, indication d'uni.

➡ **Caractéristiques physiques :** Texture (évaluation de la microtexture) et frottement.



STAC

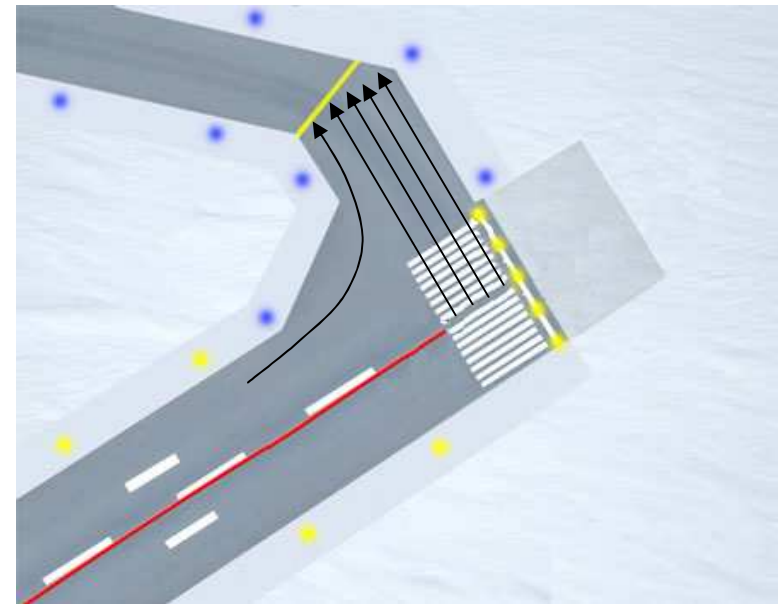
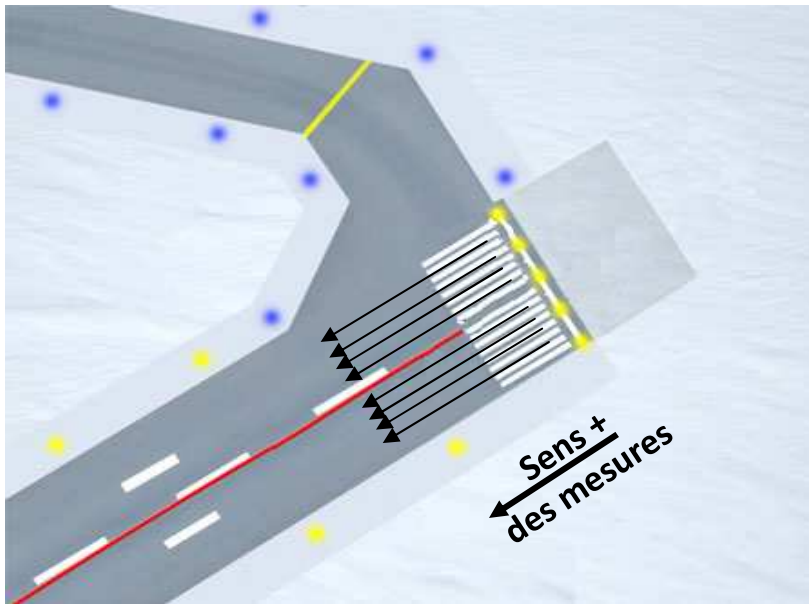
Direction générale de l'Aviation civile - Service technique de l'Aviation civile

www.stac.aviation-civile.gouv.fr

Evaluation de l'état de la piste

Piste B (R36) de l'aéroport de Lyon :

- 1 passage de VANI au milieu de la piste,
- 5 passages de VANI (3m, 5m, 7m et 10m en ligne droite) pour chaque voie,

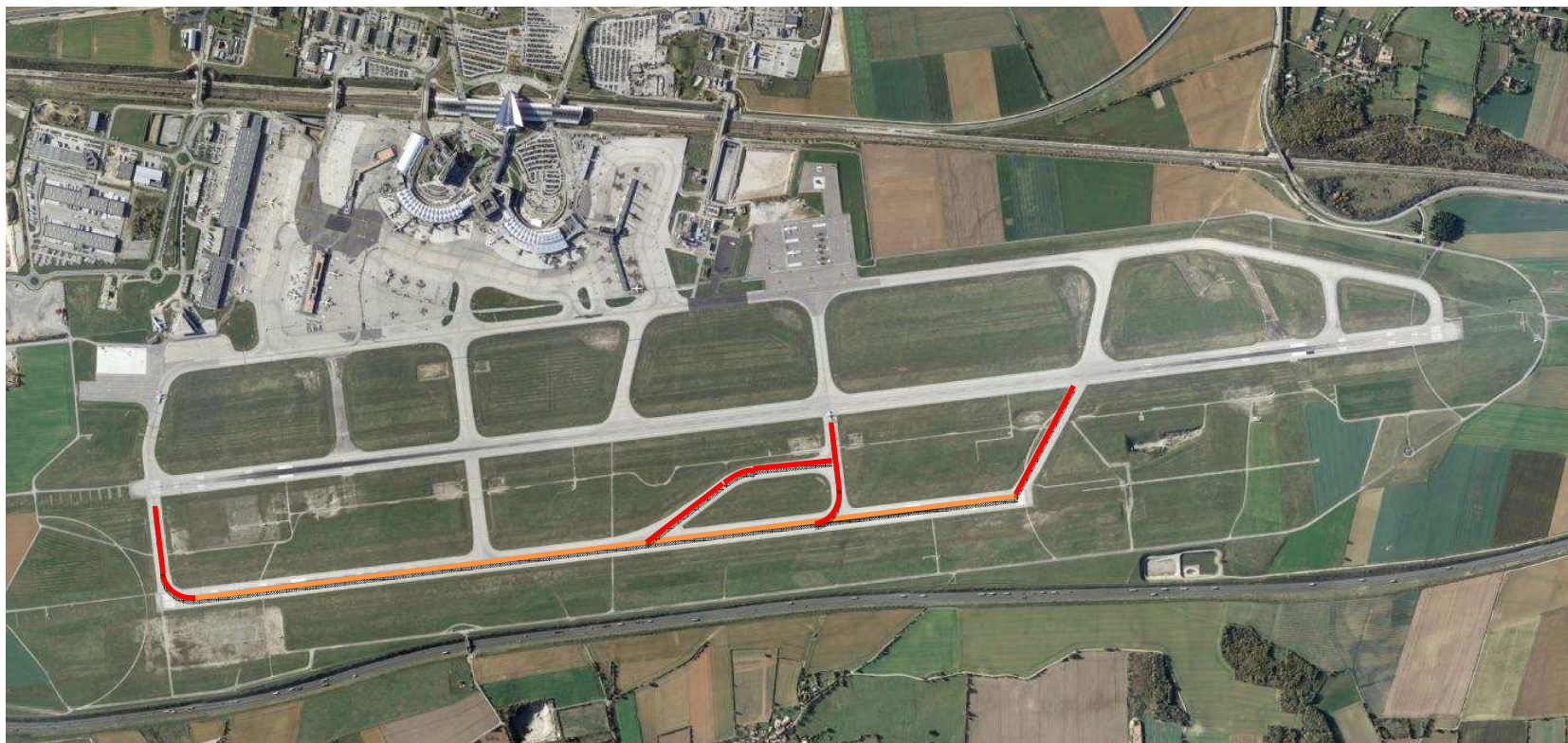


Bretelle : 5 passages de VANI (3m, 5m, 7m, 9m et mise en virage),

Taxiway : 5 passages de VANI (3m, 5m, 7m, 9m et mise en virage).

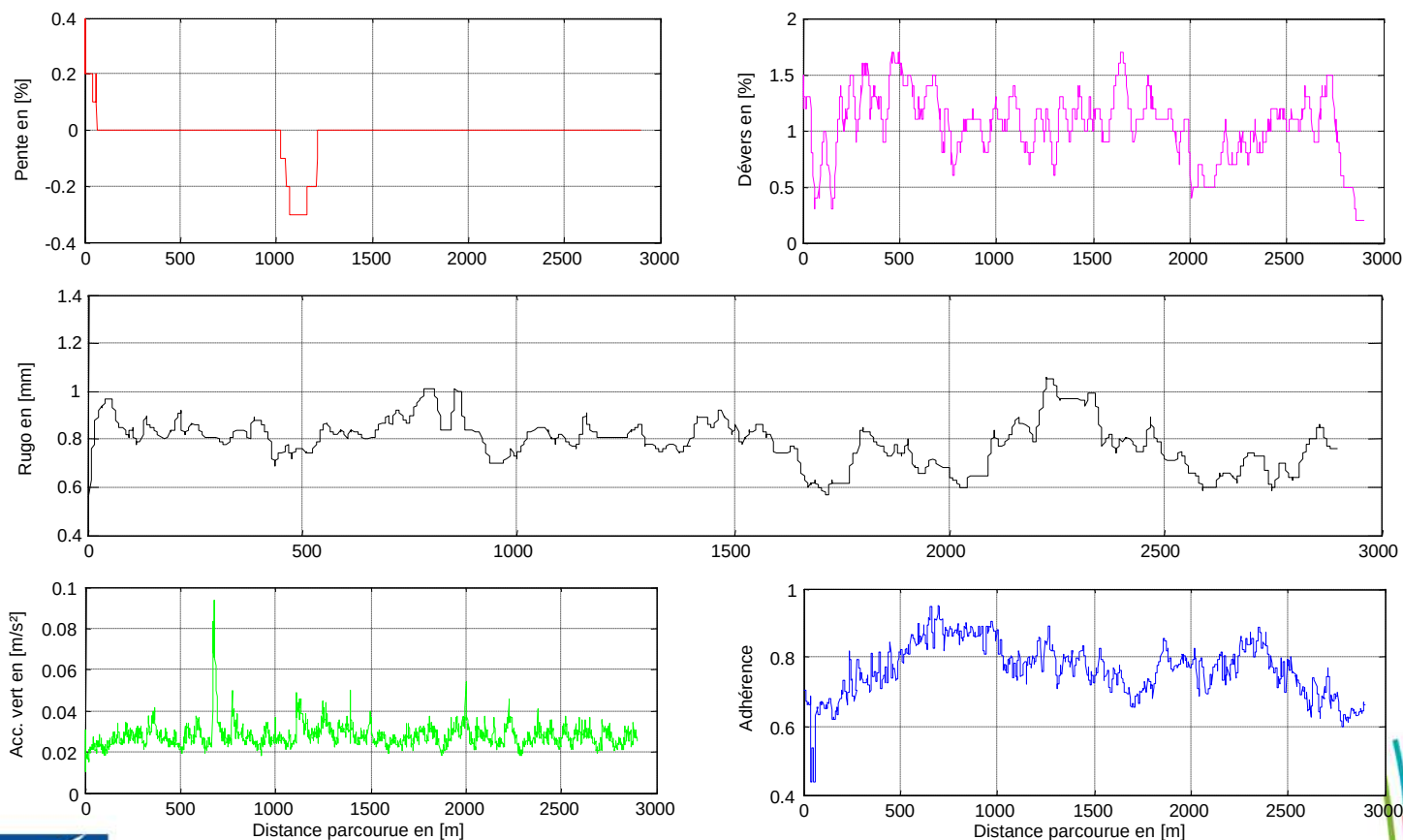
Evaluation de l'état de la piste

Piste (B) et bretelle (R36) auscultées de l'aéroport de Lyon auscultée par le véhicule VANI



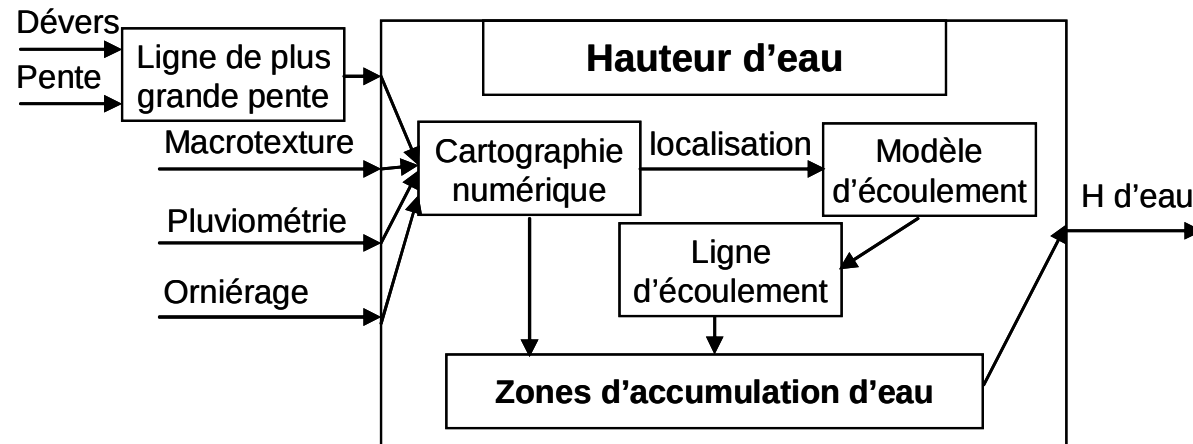
Evaluation de l'état de la piste

- **Exemple :** ✓ Itinéraire : Piste Bravo (36R) / 5m / droite
✓ Mesures effectuées le : 13/10/12
✓ Longueur de la section : 2902 m



Evaluation de l'état de la piste

- Algorithme de calcul des hauteurs d'eau



- Évaluation d'une hauteur d'eau

$$TA = 0,57 + 0,85 * (PMP) - 0.071 * d$$

Taux d'augmentation des hauteurs d'eau en mm*100 par mètre d'écoulement et par mm/h de pluie supplémentaire

Macrotexture en [mm]

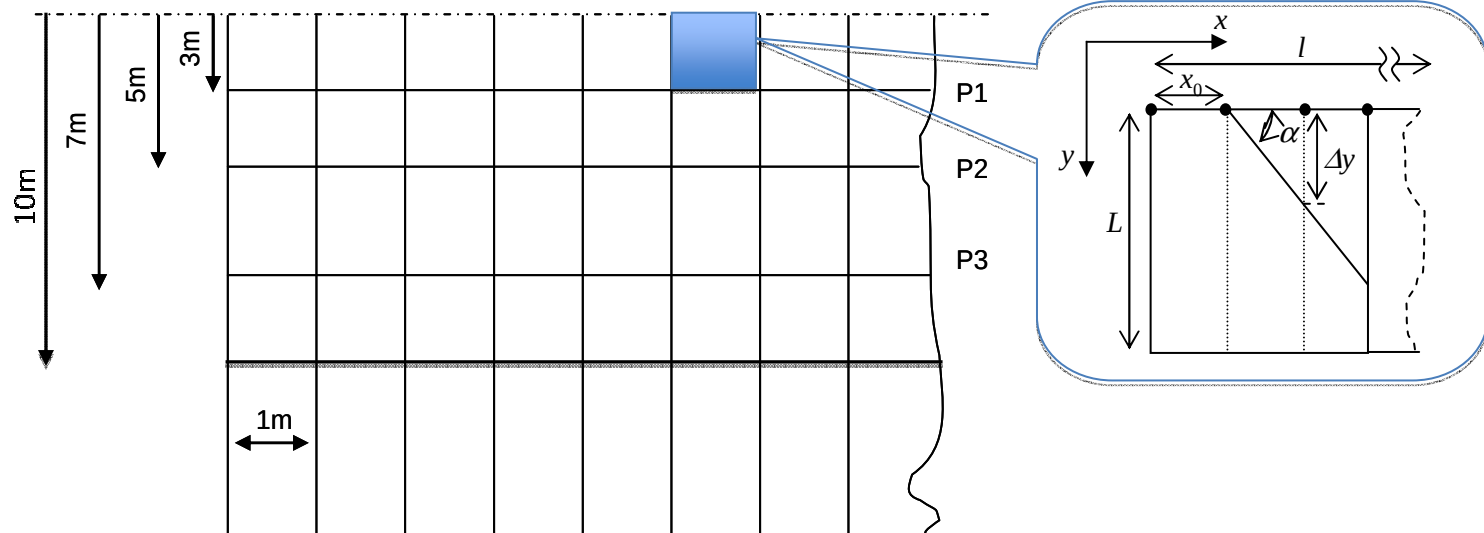
Dévers en [%]

- Calcul de la hauteur d'eau $H \Rightarrow H = I * TA * L$
avec : I intensité de pluie en [mm/h], et L ligne d'écoulement en [m].

Evaluation de l'état de la piste

- **Détermination des lignes d'écoulements**

- Découpage des mesures VANI en 4 sous éléments de largeur X m de la piste (4 passages x pas de mesure «1m»).



- Calcul des vecteurs de plus grande pente (direction, sens de chaque sous élément).

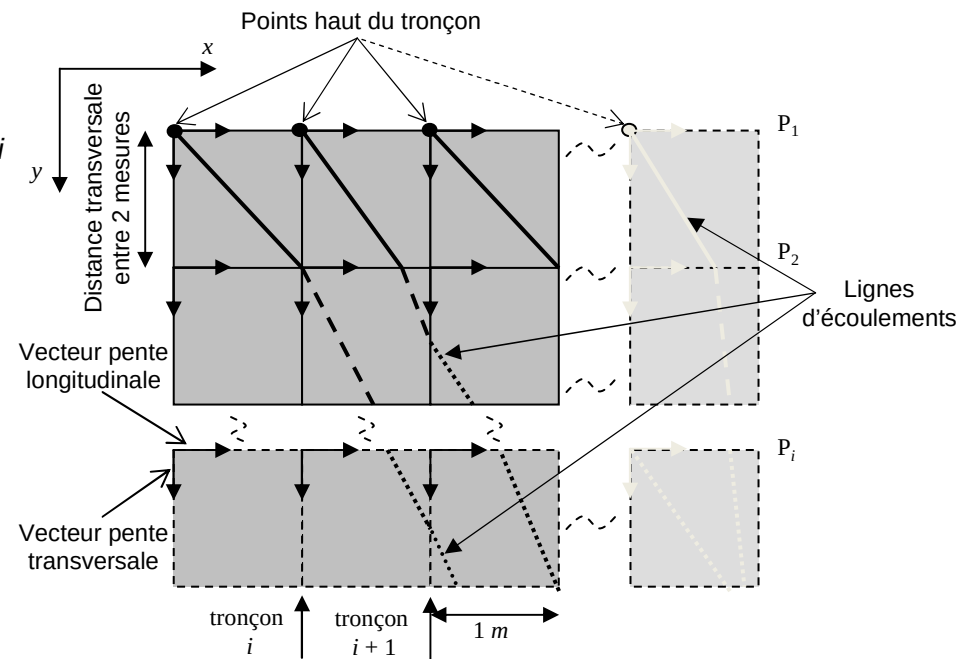
Remarques : les pistes aéroportuaires sont conçues avec un dévers, l'écoulement non uniforme ou avec une direction aléatoire ne sont pas traités par l'algorithme ($L=0$).

Evaluation de l'état de la piste

- Détermination des lignes d'écoulements de la piste

- ✓ Les coordonnées de sortie de la ligne d'écoulement pour $P_{1,i}$ sont une entrée pour $P_{1,i+1}$ ou $P_{2,i}$ et ainsi de suite.

- ✓ La hauteur d'eau calculée au point de sortie $P_{1,i}$ est une entrée de $P_{1,i+1}$ ou $P_{2,i}$ et ainsi de suite jusqu'à ce que la ligne d'écoulement sorte de la voie.

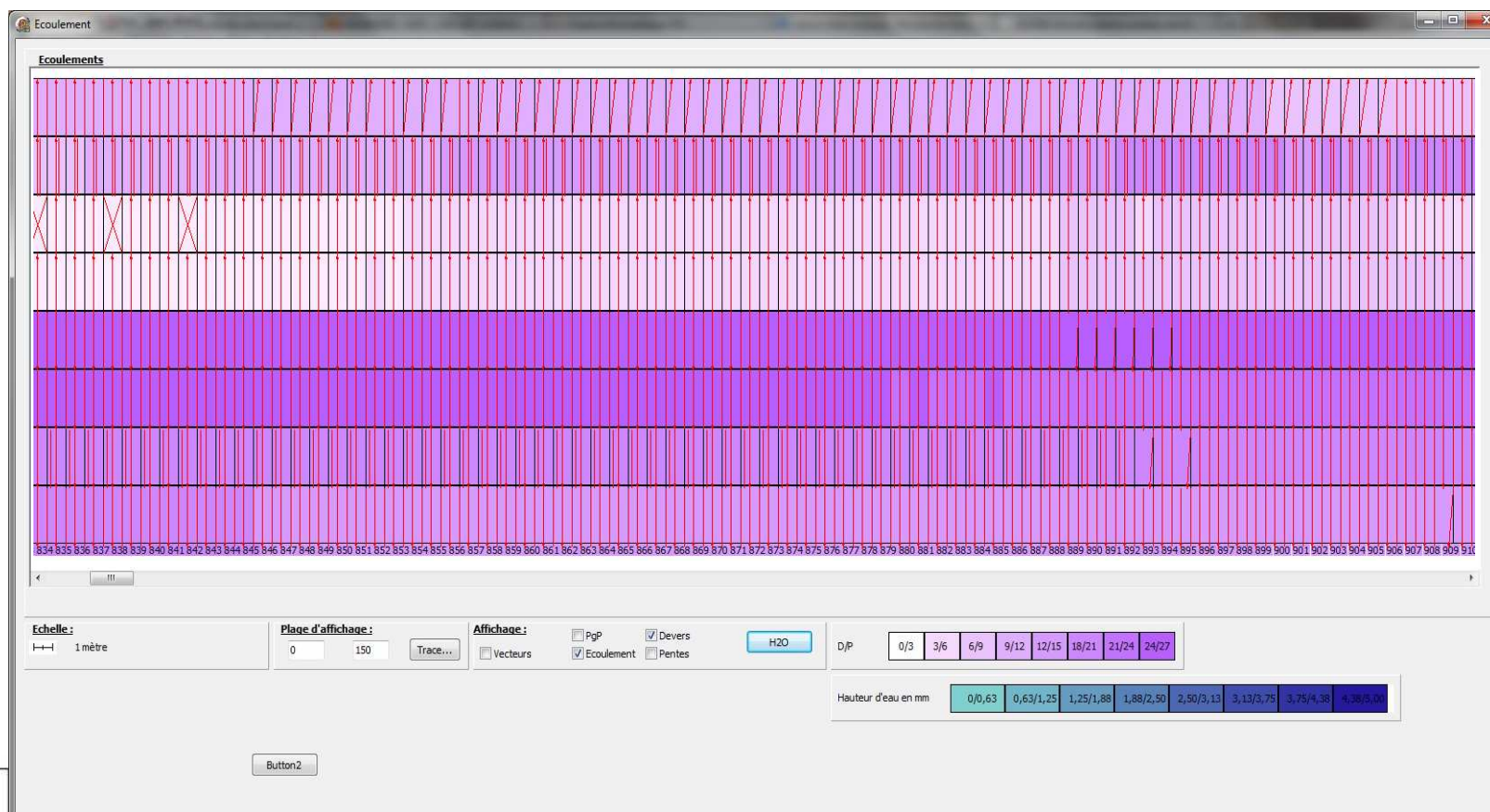


- ✓ Chaque élément ou sous élément est ainsi traversé de plusieurs lignes d'écoulement.

- ✓ La hauteur d'eau de chaque élément ou sous élément est égale à la valeur la plus élevée des lignes d'écoulement qui le traverse.

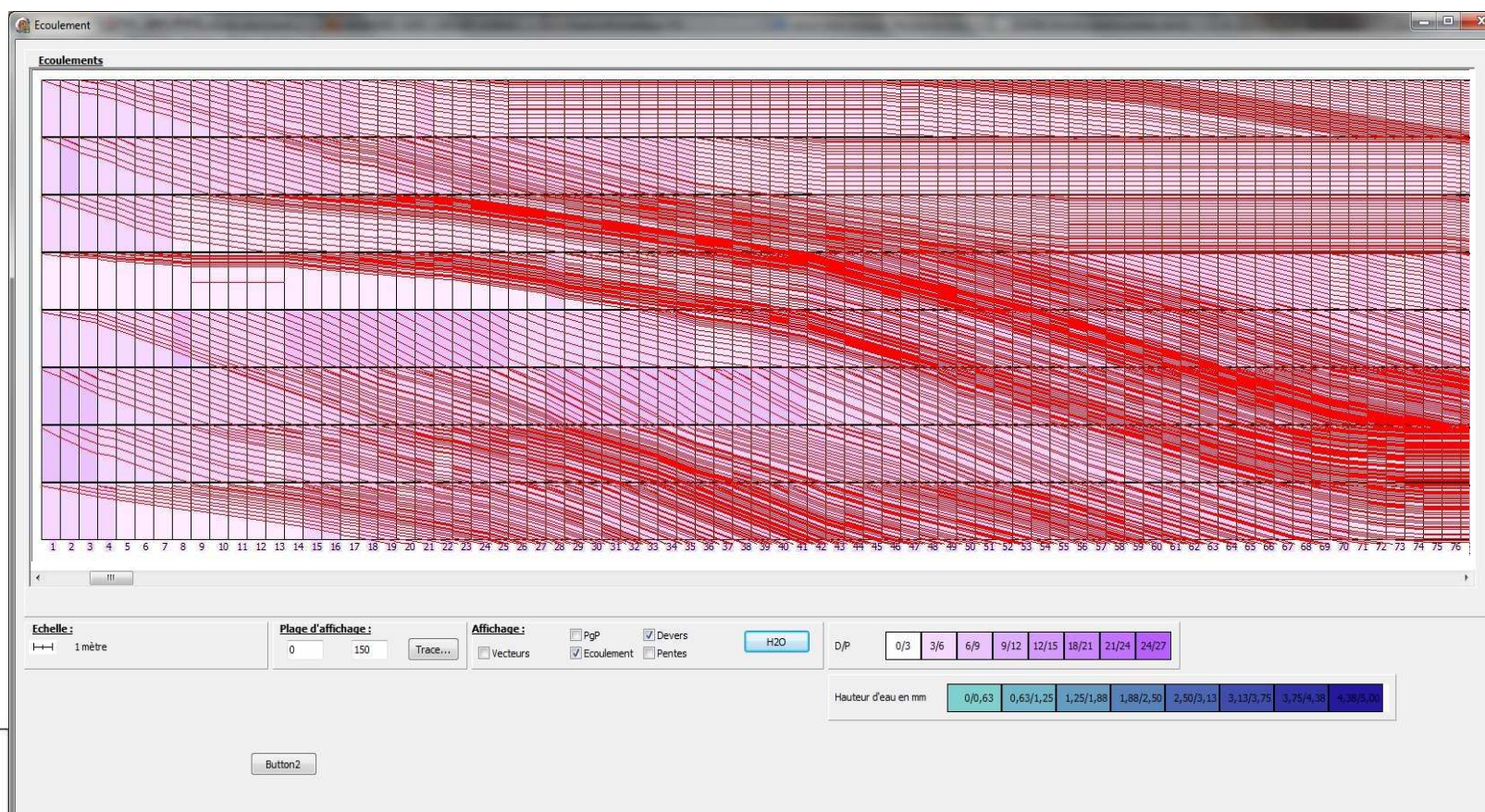
Outil de diagnostic

- Module de diagnostic des pistes aéroportuaires
 - Présentation des vecteurs de plus grandes pentes sur la piste B



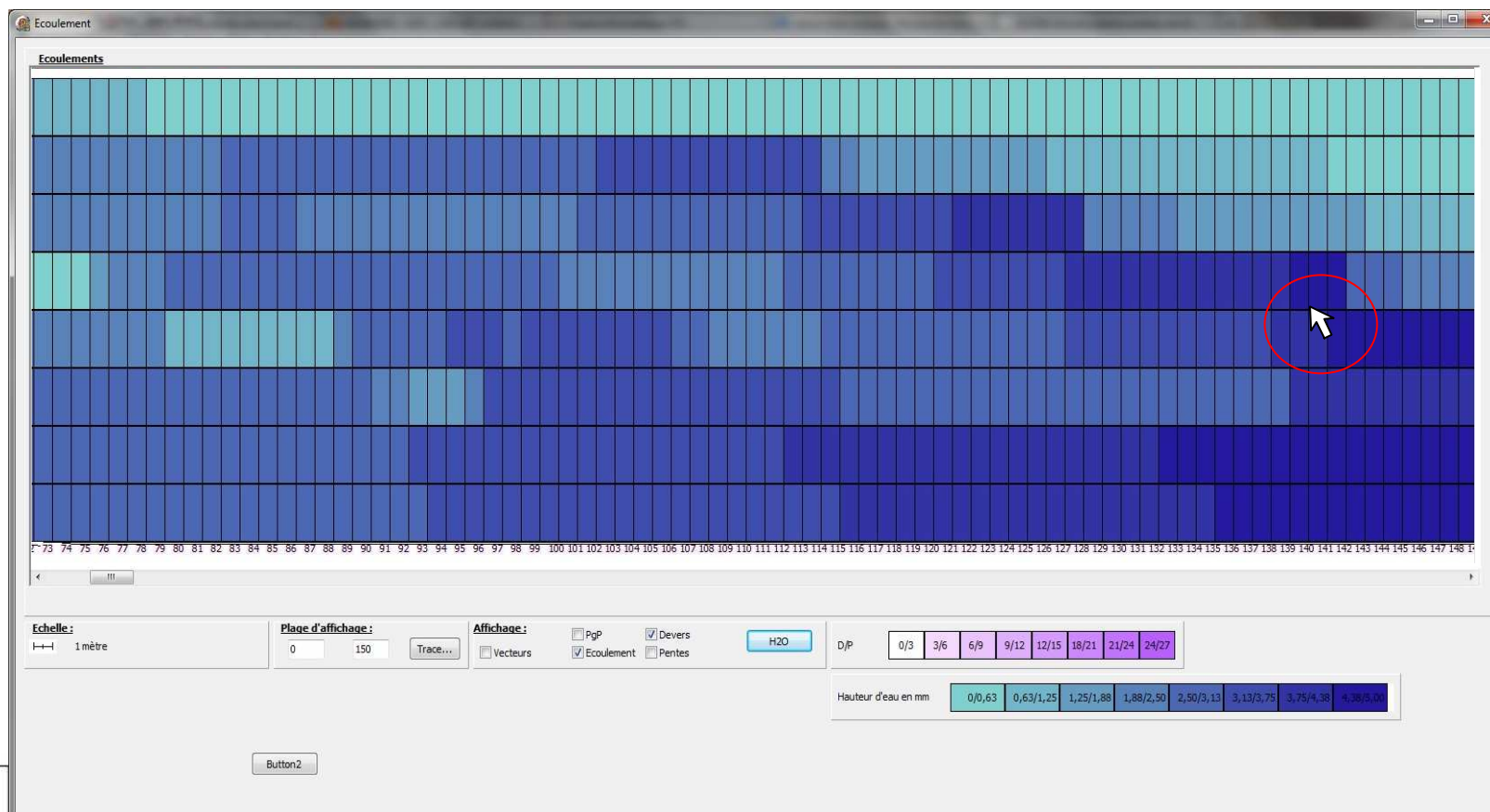
Outil de diagnostic

- Module de diagnostic des pistes aéroportuaires
 - Présentation des lignes d'écoulements sur une bretelle de sortie rapide



Outil de diagnostic

- Module de diagnostic des pistes aéroportuaires
 - Présentation des hauteurs d'eau sur une bretelle



Validation

- Relevé des mesures de hauteur d'eau : VAISALA

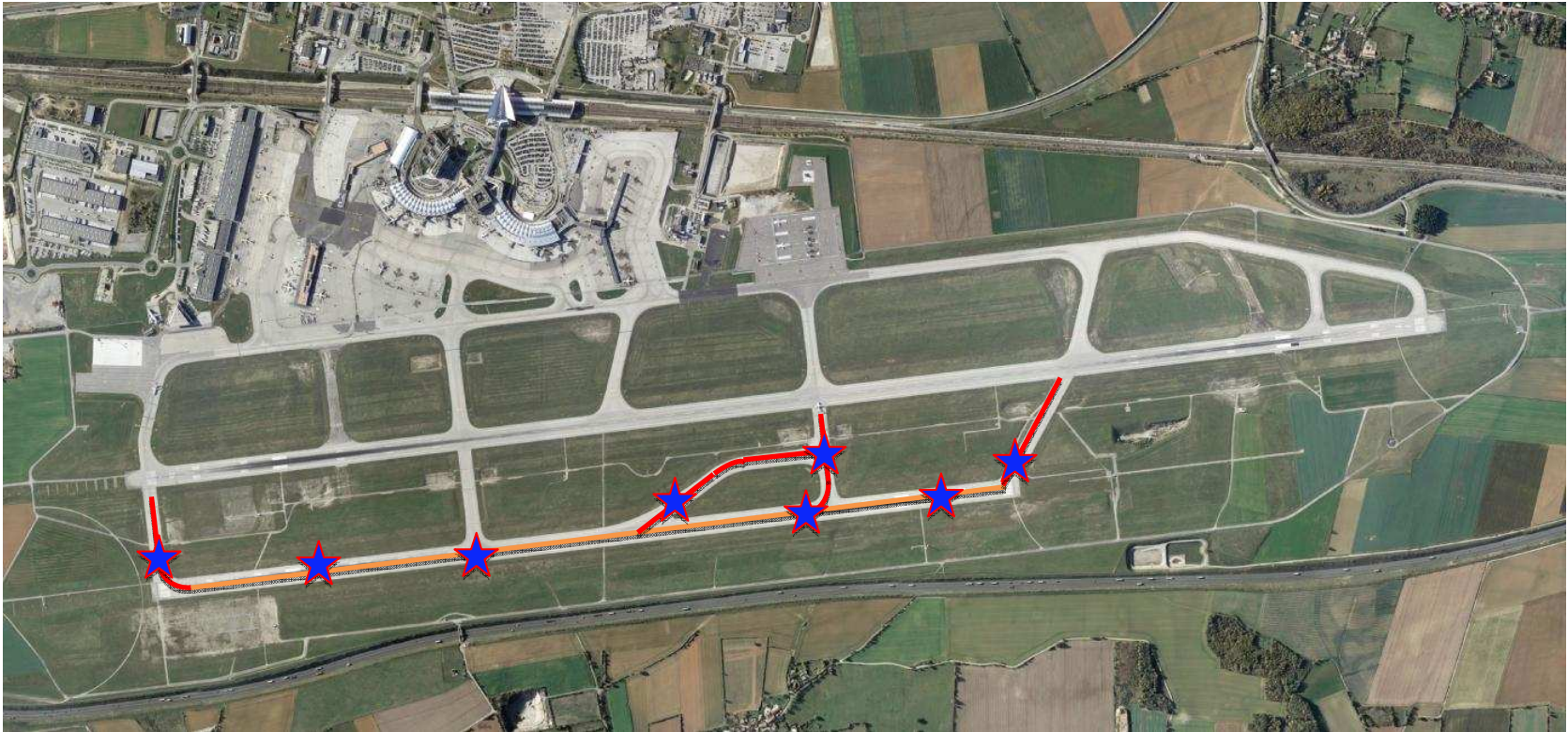
Capteur VAISALA :
Système d'informations de météorologie routière embarqué qui fournit des mesures en temps réel de la hauteur d'eau, du verglas, de la neige et de la température des chaussées.



➤ VAISALA (mesures de la hauteur d'eau, du verglas, de la neige et de la température de la piste).

Validation

- Points à vérifier (hauteur d'eau calculées et mesurées par VAISALA)



- Besoins :
 - Compagnes de mesures VAISALA sur piste d'aéroport,
 - Données de la pluviométrie en temps réel.



Conclusions et perspectives

✓ Conclusions

- Mesures VANI (Cartographie numérique de la piste)
- Suivi des mesures pour :
 - la localisation des zones d'accumulation d'eau sur la piste
 - l'estimation des hauteurs d'eau
- Validation de l'outil par des mesures réelles sur piste



Conclusions et perspectives

✓ Perspectives

- Amélioration de l'outil de diagnostic,
- Détermination de l'adhérence instantanée de la piste,
- Aide à la surveillance des pistes.



**MERCI DE VOTRE
ATTENTION...**



STAC

Direction générale de l'Aviation civile - Service technique de l'Aviation civile

www.stac.aviation-civile.gouv.fr

