

Analyse automatique de la trajectoire de poissons dans des passes à poissons

Corentin Rabu^{ad}, Benoit Tremblais^b, Renaud Péteri^c,
Laurent Mascarilla^c, Laurent David^{ad}, Damien Callaud^{ad}

^a Institut Pprime, CNRS-Université de Poitiers-ISAE ENSMA, Poitiers

^b laboratoire XLIM, CNRS-Université de Poitiers, Poitiers

^c Laboratoire MIA, Université de La Rochelle, La Rochelle

^d Pôle R&D écohydraulique, OFB-IMFT-PPRIME, Toulouse

corentin.rabu@univ-poitiers.fr



17/03/2026

Contexte

Contexte écologique

Directive Cadre Européenne sur l'eau (Octobre 2000) :

Objectif : restaurer la continuité écologique des cours d'eau

Assurer la libre circulation des espèces aquatiques autour des obstacles

↳ Développement dispositifs pour assurer la migration

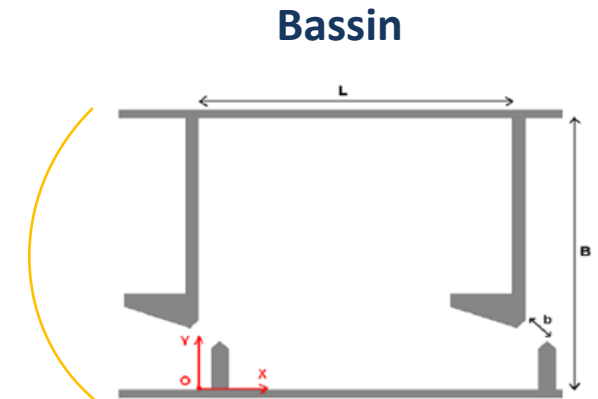
Pour la montaison : passes à poissons

↳ Passes à fentes verticales

Comprendre, améliorer et optimiser les dispositifs

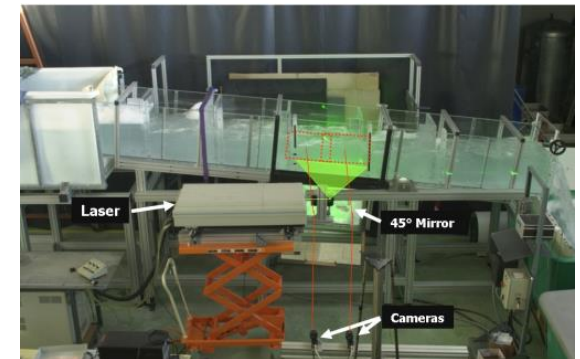
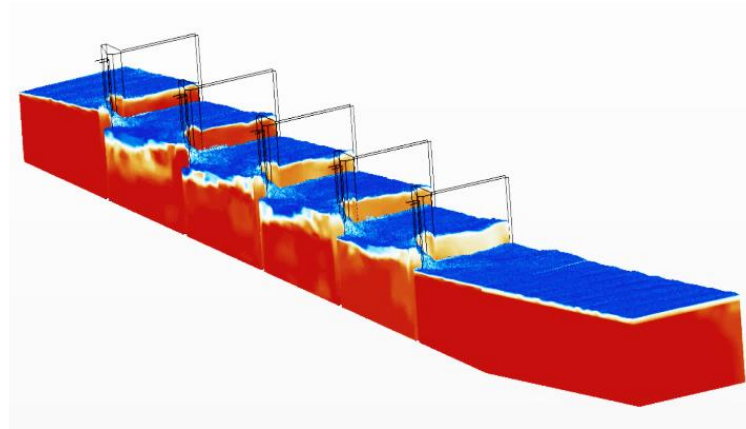
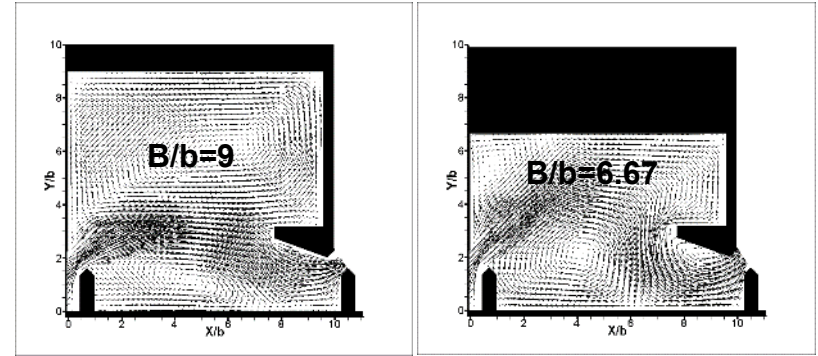
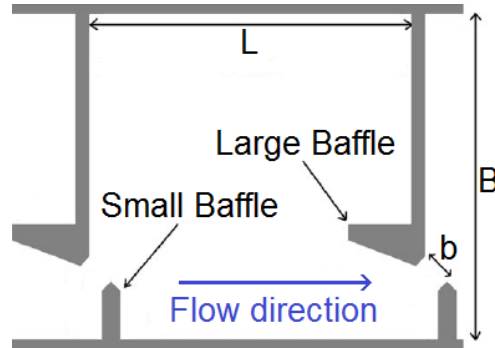


Châtelleraut (France)
<http://www.logrami.fr>



Contexte

Analyse hydraulique des passes à poissons



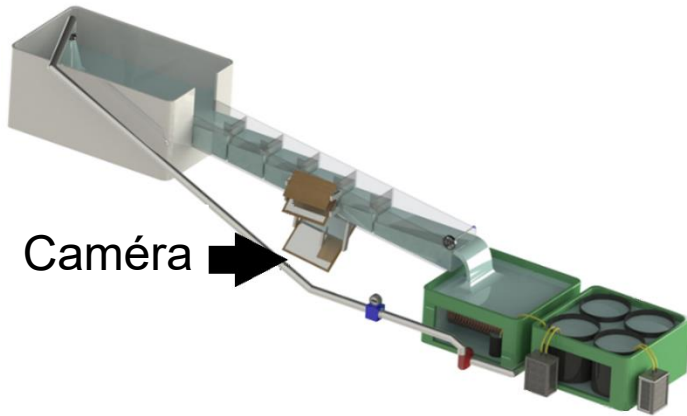
Mesures en laboratoire (*PIV, ADV, LDV*)

Mesures in –situ (*ADV*)

Simulations numériques (*RANS 2D, URANS/VOF, LES/VOF*)

Contexte

Analyse biologique



Modèle 3D de la passe à poissons
utilisé pour les traversées

condition critiques
d'écoulement

Δh	Pv . (LBh)
7.5 cm	16.7 W



Chevesnes et Truites Fario

Longueur totale (moyenne $\pm$ écart-type)
= 131 ± 16 mm



124h de vidéo, ~45h de traversées
2010

Indicateurs recherchés :

→ Taux de succès

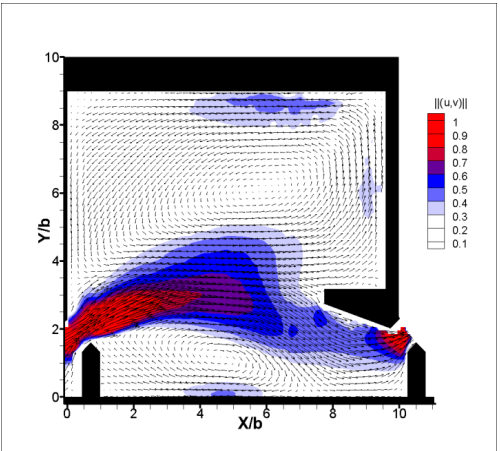
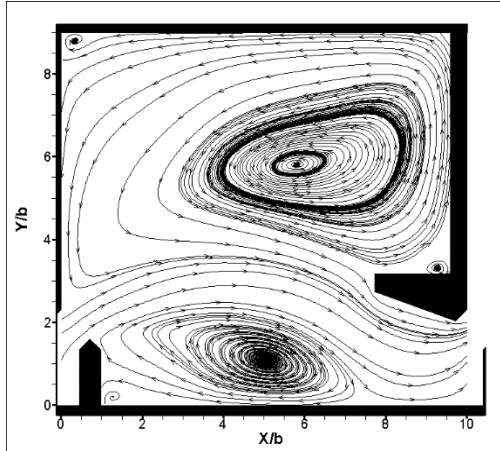
→ Temps de transit

→ Comportement spatial

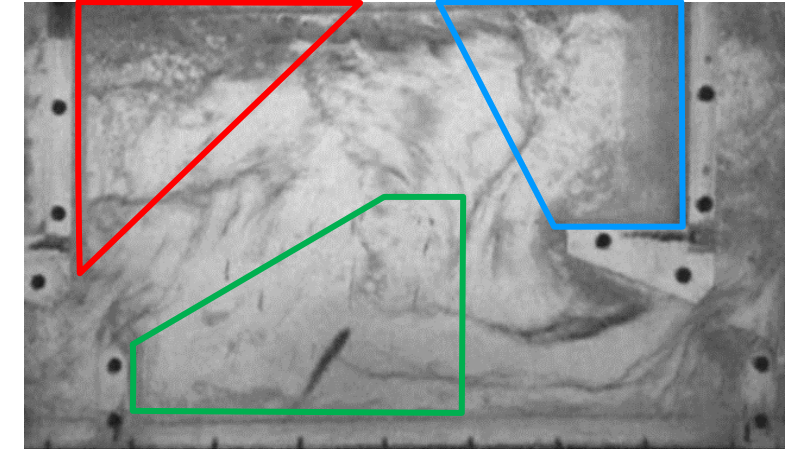
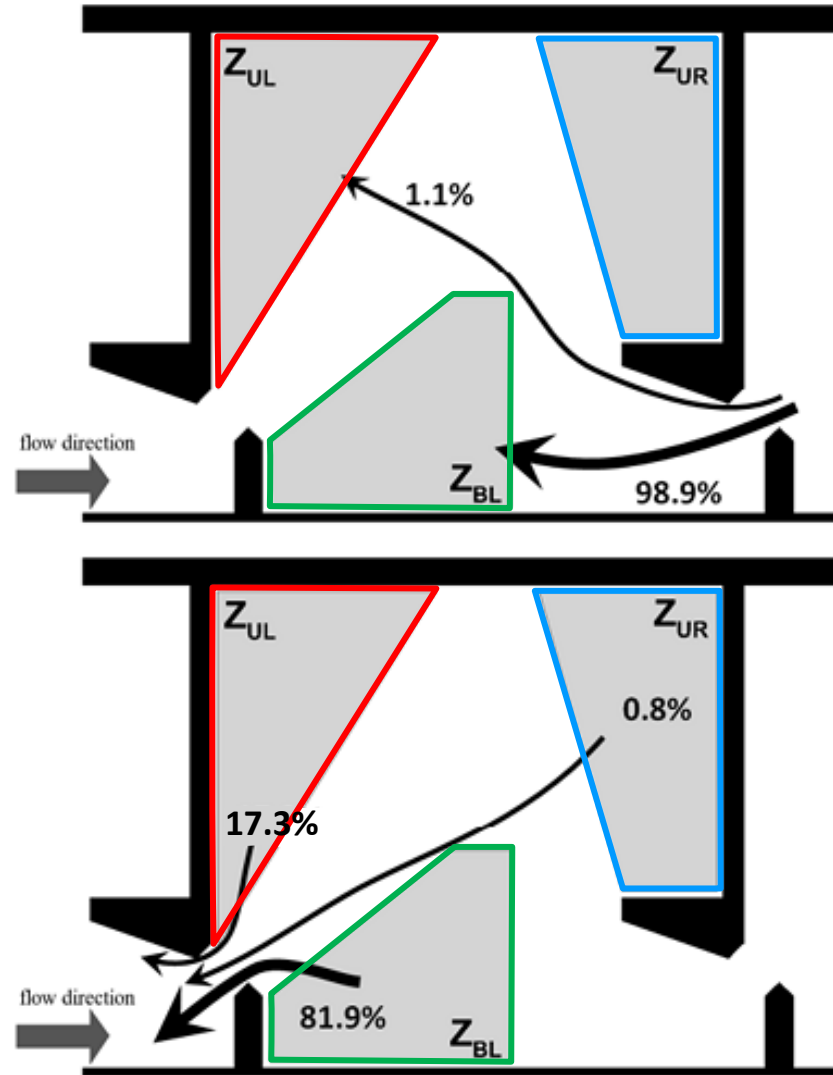
→ Orientation et vitesse

Contexte

Lien entre hydraulique et biologie



Callaud et al., JHR, 2014
Callaud et al., Water, 2024
Gibouin et al., JoE, 2024

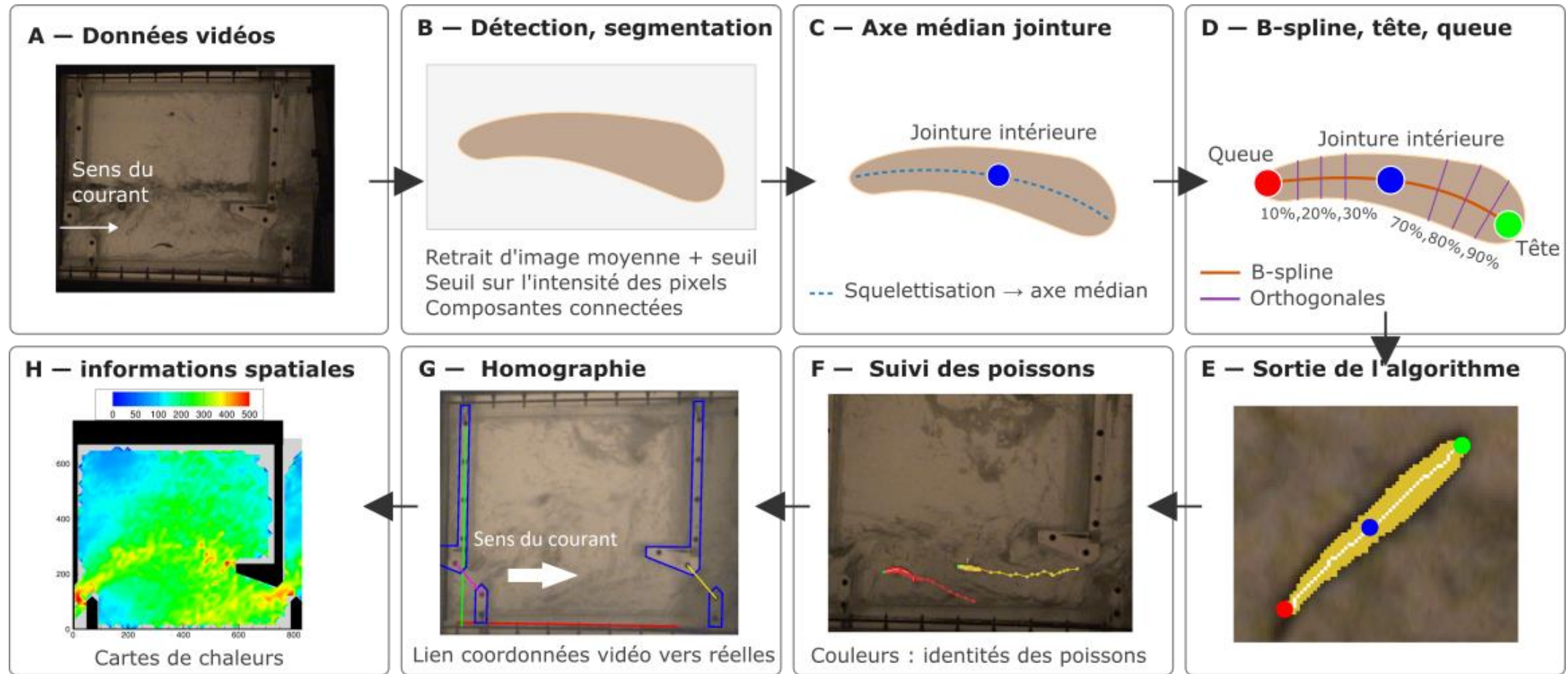


Lien entre l'environnement
hydraulique et le
comportement des poissons

Qu'en est il des
trajectoires et
comportement?

Suivi vidéo : détection des trajectoires

Algorithme « classique »



Suivi vidéo : détection des trajectoires

Résultat de l'algorithme « classique »



Conditions d'imagerie favorables

- Segmentation précise
- Peu de fausses détections
- Fortes pertes liées au flou de mouvement



Conditions d'imagerie dégradées

- Mauvaise segmentation
- Fausses détections
- Fortes pertes liées au flou de mouvement

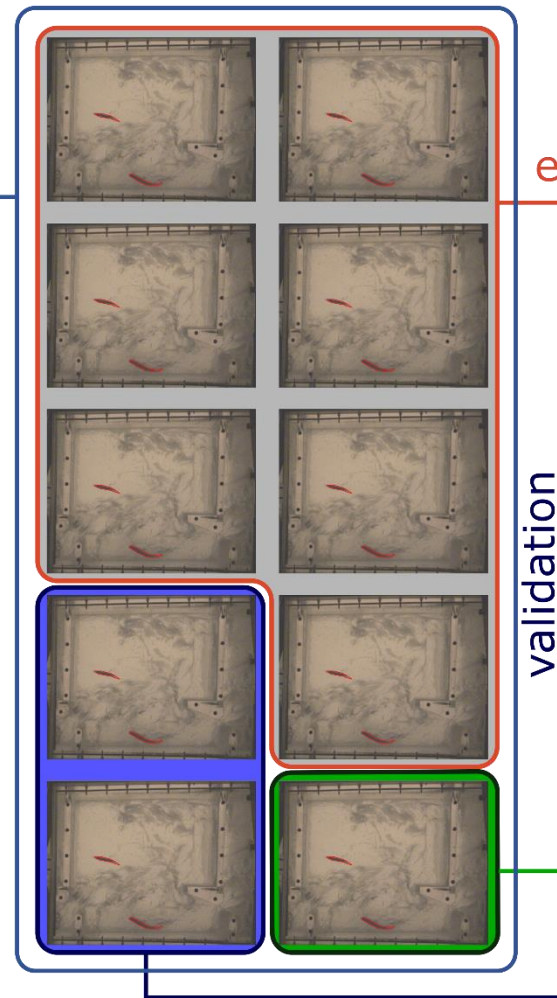
8

Suivi vidéo : détection des trajectoires

Focus modèle Deep Learning Yolo

Jeu de données
étiquetées :
10 000 images

70% entraînement
20% validation
10% test



Fonctions de pertes :

- IoU → Recouvrement masque inféré / étiqueté
- Entropie croisée → $-(1/N) \sum_{i=1..N} \log(p_i)$

entraînement

Yolo

modification des poids

modèle convergé ?

non

oui

test

estimation des
performances
du modèle

Yolo
entraîné

Nouvelles données

Suivi vidéo : détection des trajectoires

Caractéristiques d'utilisation

mAP (mean Average Precision):

métriques dépendant à la fois de la **qualité** de la **segmentation** et de la **pertinence** des **détections**

- 96% mAP50 → Bonne capacité de détection
- 55% mAP50-95 → Segmentation grossière

Seuil d'Otsu

- Ne fonctionne que sur les données suffisamment proches de celles d'entraînement → logique !
- Temps de calcul : ~ 10 images par seconde sur CPU usuel

Suivi vidéo : détection des trajectoires

Résultats Deep Learning



Conditions d'imagerie favorables

- Segmentation précise → Peu de fausses détections
- Perte en cas de flou de mouvement important



Conditions d'imagerie dégradées

- Segmentation acceptable → Peu de fausses détections
- Perte en cas de flou de mouvement important

Etude des trajectoires

Informations spatiales

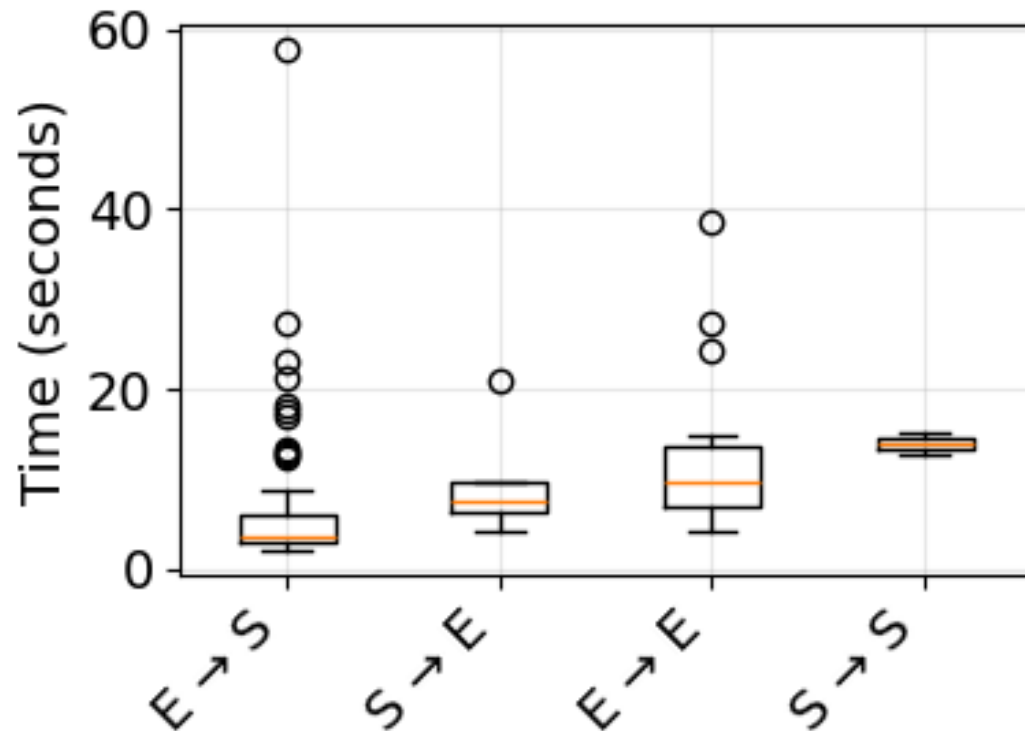


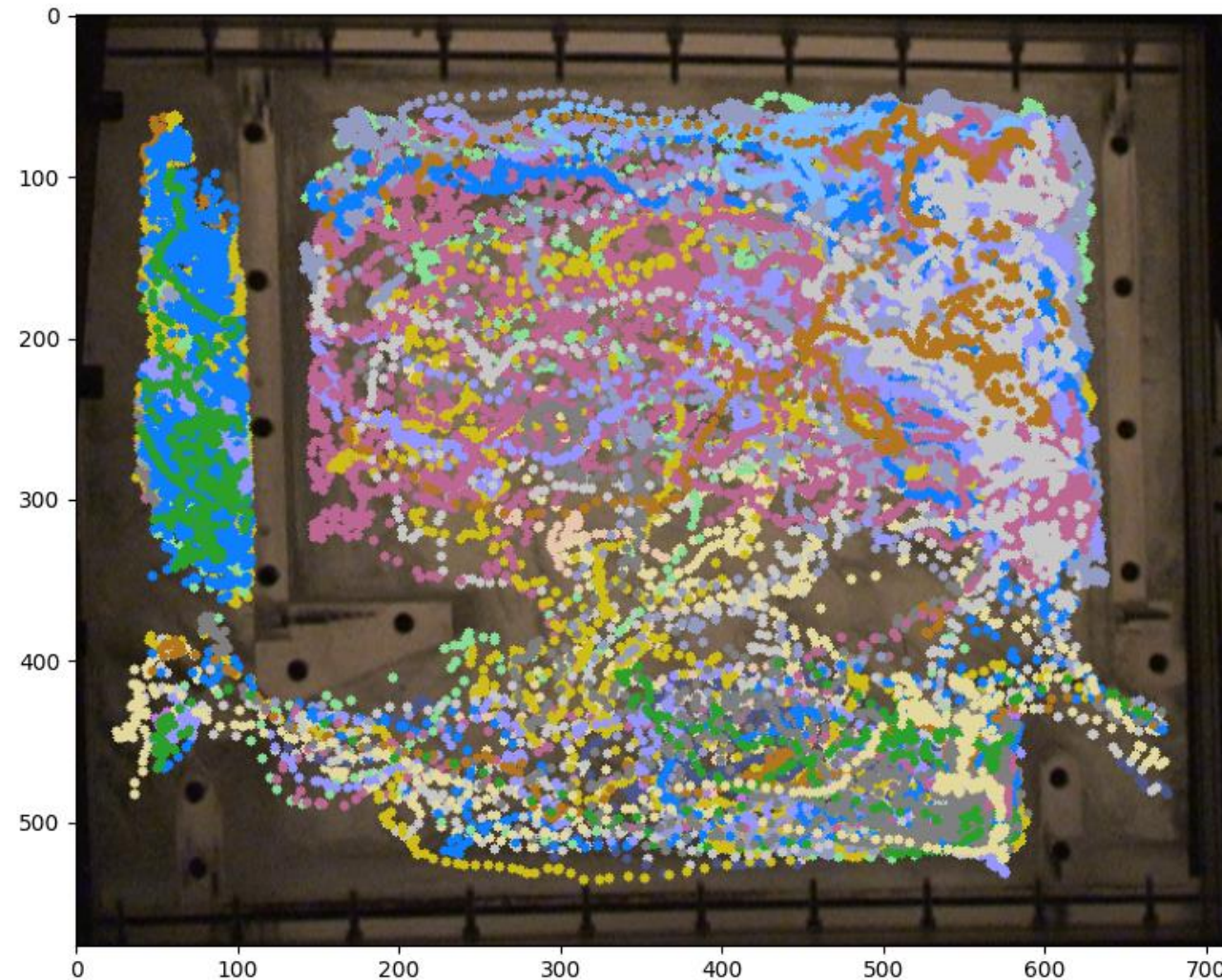
Diagramme en boîte de la répartition des temps en fonction d'un scénario de passage des poissons

Scénario	Nombre	$\bar{t}$ (s)	$\tilde{t}$ (s)	σ_t (s)
$E \rightarrow S$	77	6.53	3.64	7.81
$E \rightarrow E$	16	12.97	9.66	9.10
$S \rightarrow E$	5	9.74	7.52	5.89
$S \rightarrow S$	2	13.94	13.94	1.14
Données manuelles				
$E \rightarrow S$	77	6.55	3.64	7.81
$E \rightarrow E$	16	12.52	9.28	9.08
$S \rightarrow E$	5	9.66	7.44	5.93
$S \rightarrow S$	2	13.94	13.94	1.14

Nombre de passages, temps moyen, médian et écart type en fonction d'un scénario de passage des poissons

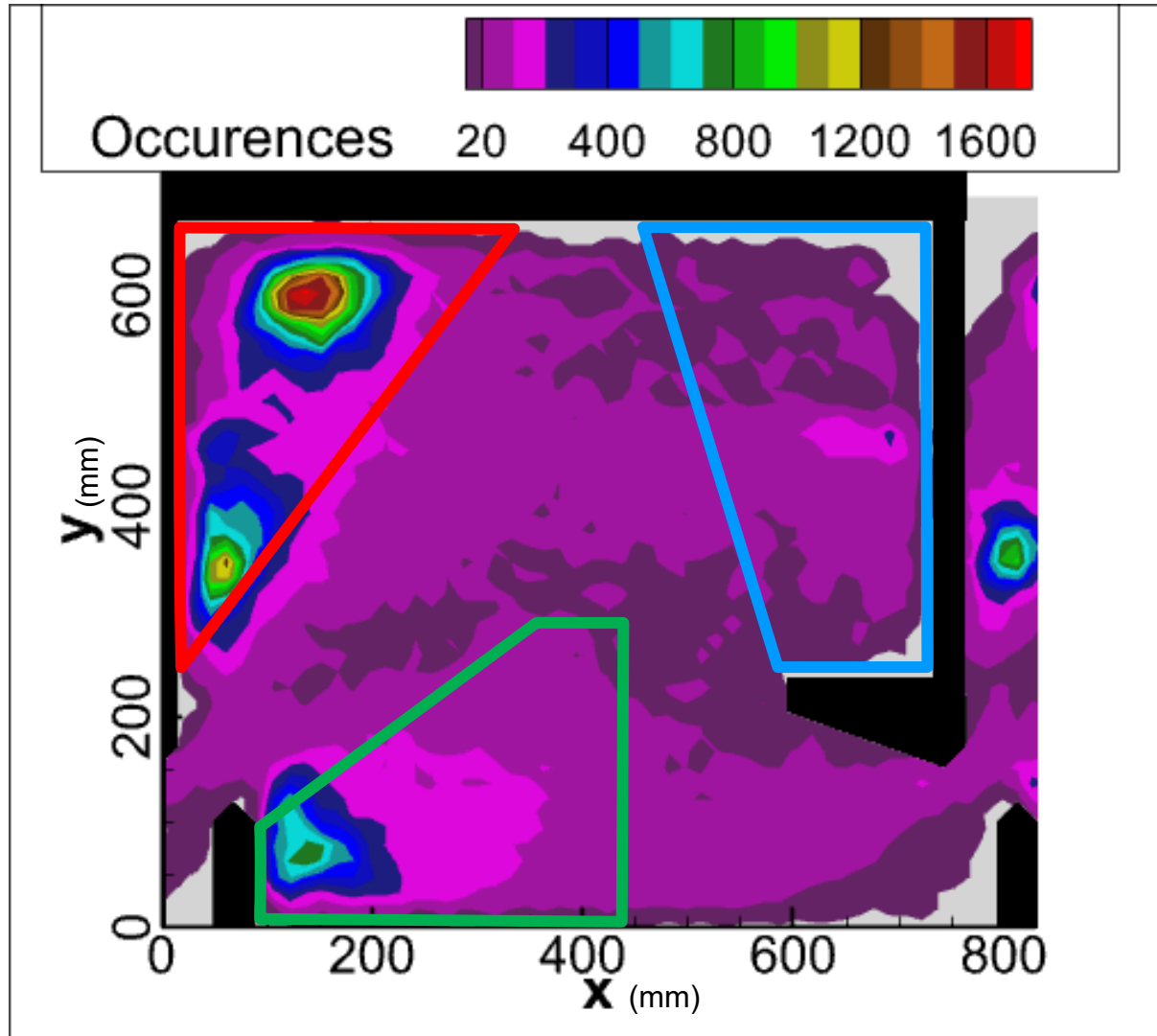
Etude des trajectoires

Cumul de 20 trajectoires

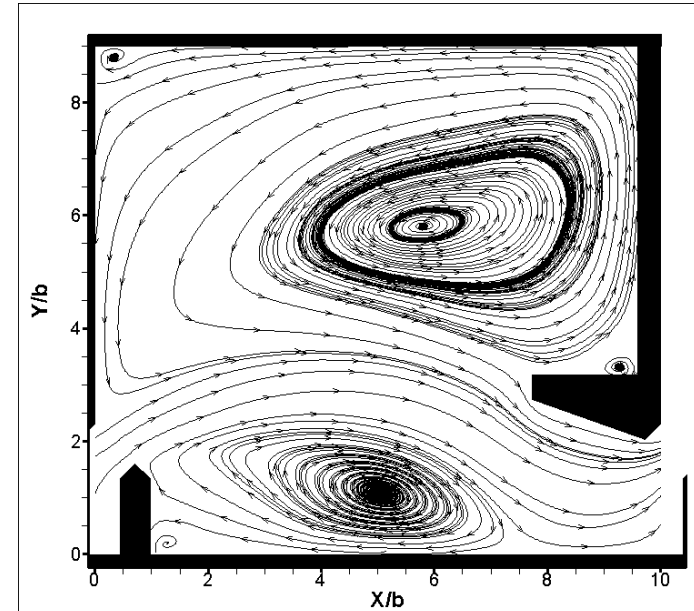


Etude des trajectoires

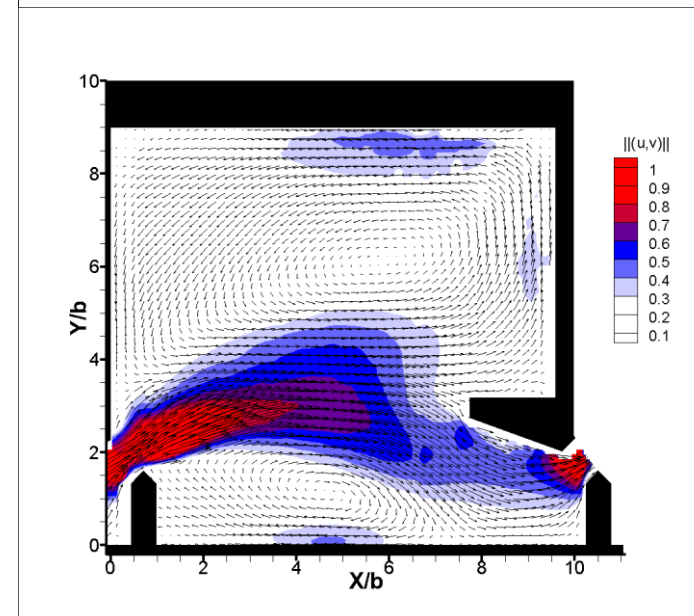
Informations spatiales (>100 trajectoires)



Carte de présence des poissons



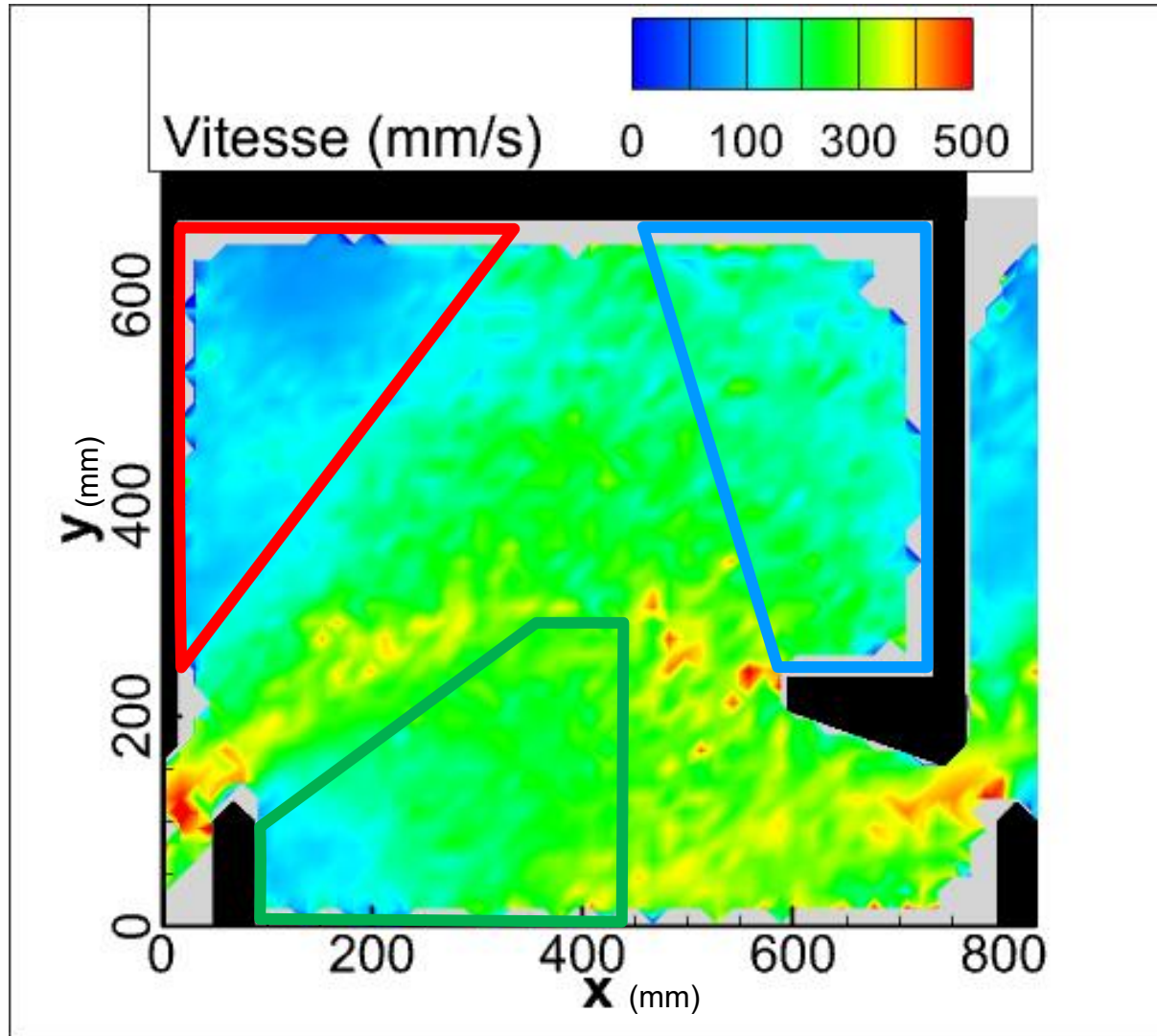
Topologie de l'écoulement dans la passe à poissons



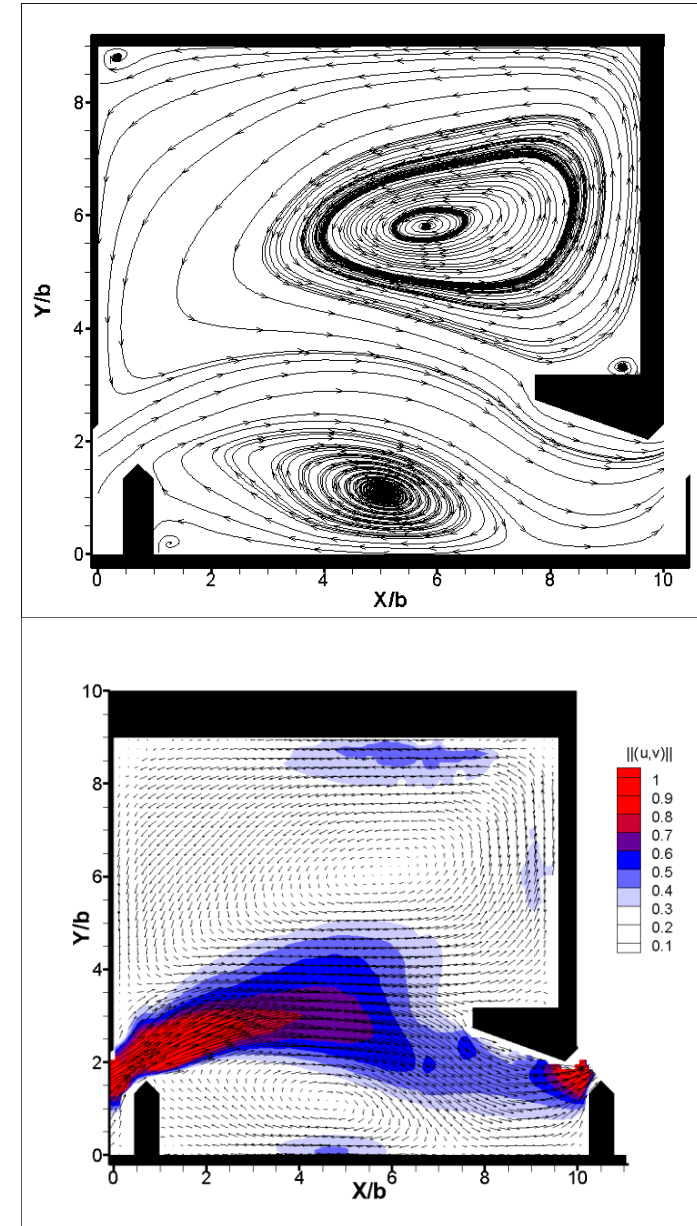
Champs de vitesse de l'écoulement dans la passe à poissons

Etude des trajectoires

Informations spatiales (>100 trajectoires)



Carte de la moyenne de la norme de la vitesse des poissons

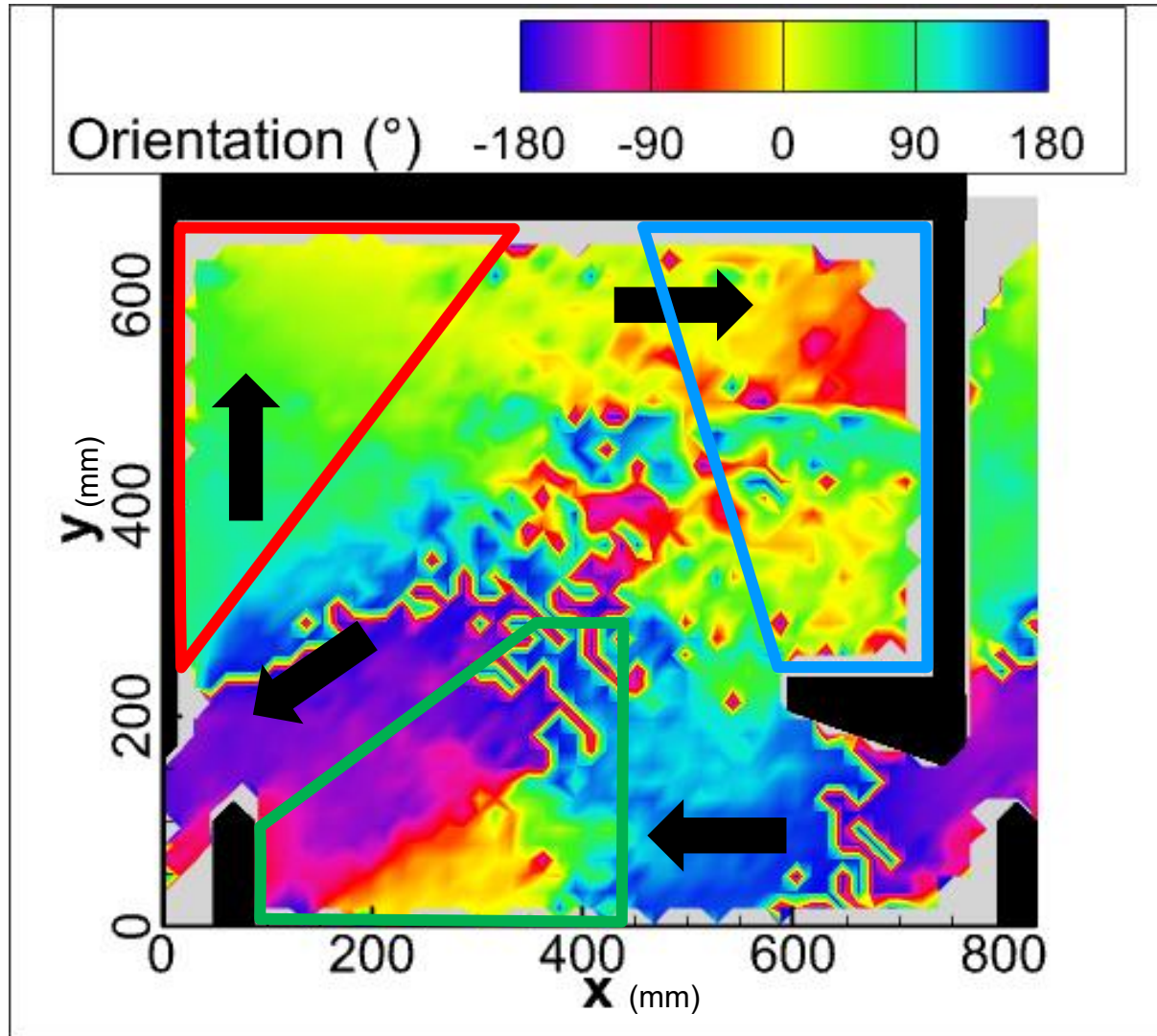


Topologie de l'écoulement dans la passe à poissons

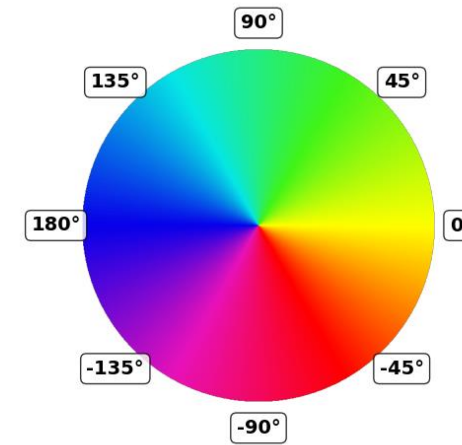
Champs de vitesse de l'écoulement dans la passe à poissons

Etude des trajectoires

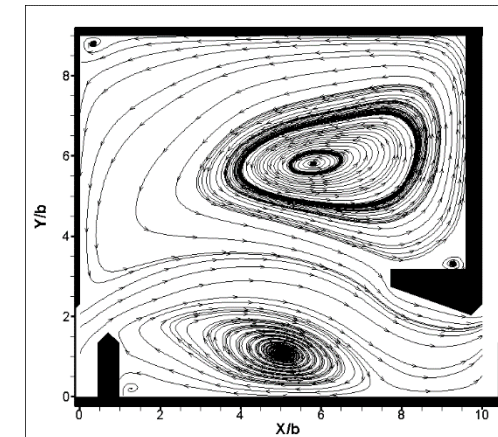
Informations spatiales (>100 trajectoires)



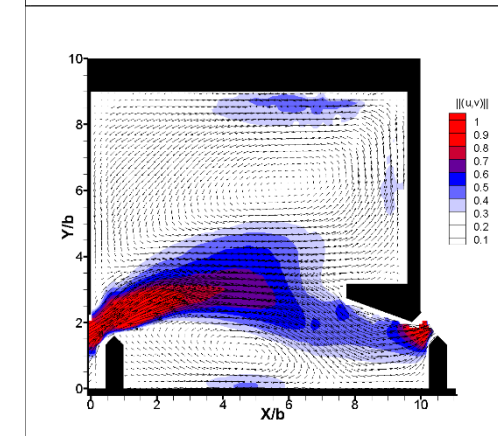
Carte de l'orientation moyenne des poissons



Rose des directions de la carte de l'orientation moyenne des poissons



Topologie de l'écoulement dans la passe à poissons



Champs de vitesse de l'écoulement dans la passe à poissons

Conclusion et perspectives

Objectifs : Lien entre l'hydraulique et le comportement du poisson

Conclusion :

- ✓ Détection et suivi **automatique** des poissons à partir de séquences vidéos
- ✓ **Meilleures performances** de détections grâce au Deep Learning
- ✓ Possibilité d'exploitation des vidéos de moindre qualité
- ✓ Obtention **automatique** des statistiques (taux de succès, temps de transit, occurrence, orientation, vitesse du poisson, ...)
- ✓ Lien entre le comportement du poisson et l'hydraulique

Conclusion et perspectives

Perspectives :

- Utilisation d'un modèle récurrent (mémoire des images précédentes)
- Amélioration de l'algorithme de suivi (filtrage de Kalman,...)
- Définir de nouveaux indicateurs (fréquence de battement, lien entre la vitesse du poisson et l'écoulement)
- Analyse sur l'ensemble des données (plusieurs largeurs, cylindres, rugosité, seuils au niveau du passage)
- Généraliser à d'autres analyses (Eg. : Analyse du comportement d'espèces invasives d'écrevisses et de poissons, autres milieux, ...)



MERCI

