



IA frugale pour la mesure et surveillance des
crues et inondations

Contexte et objectifs

- Nombreux **territoires** et **infrastructures critiques** soumis à ces aléas
- Informations très riches pouvant être extraites de **caméras de vidéo-surveillance**
- Alarmes et mesures pour la **surveillance des crues et des inondations**
- Dispositif de mesure **sans contact**, levé de doute et œil déporté



Contexte et objectifs

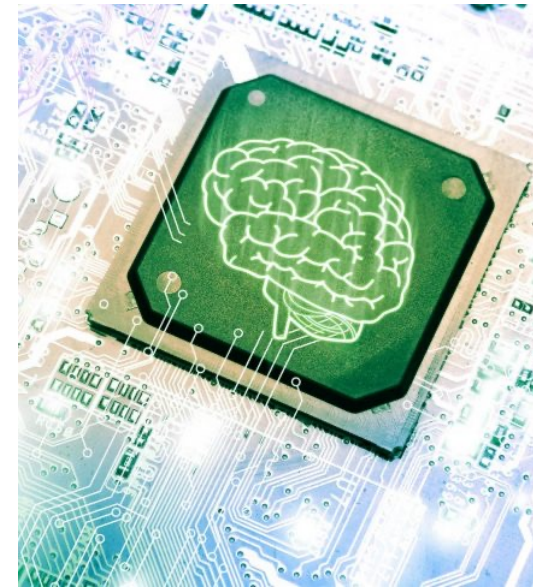
Enjeux/contraintes

- Autonomie énergétique
- Faible latence et bande passante limitée
- Intégration & interopérabilité



Moyens

- Traitement embarqué sur caméra (Edge AI)
- Intelligence artificielle frugale
- Gestion intelligente de l'énergie, différents protocoles de communication



Analyse vidéo intelligente embarquée

Hardware

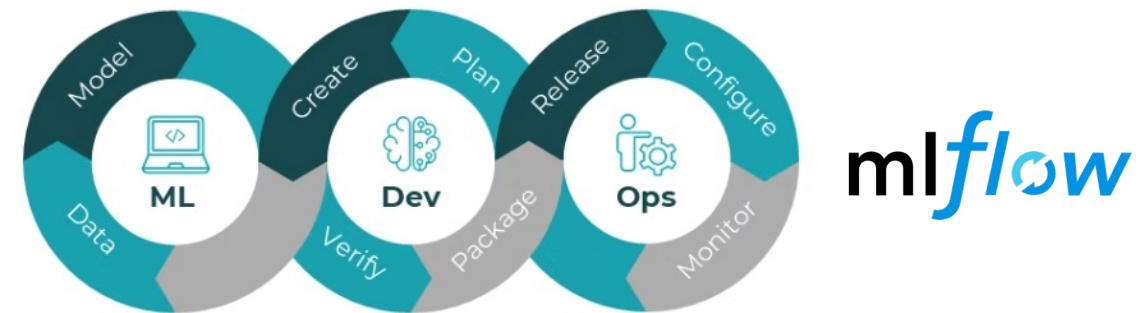
- Système sur puce (SoC): traitement du signal, CPU, GPU, mémoire, stockage, **moteur d'inférence** pour **accélération matérielle** etc.
- AXIS Communications: SoC ARTPEC, moteur d'inférence optimisés pour calculs de **réseaux neuronaux** (ARM-NN et DLPU)



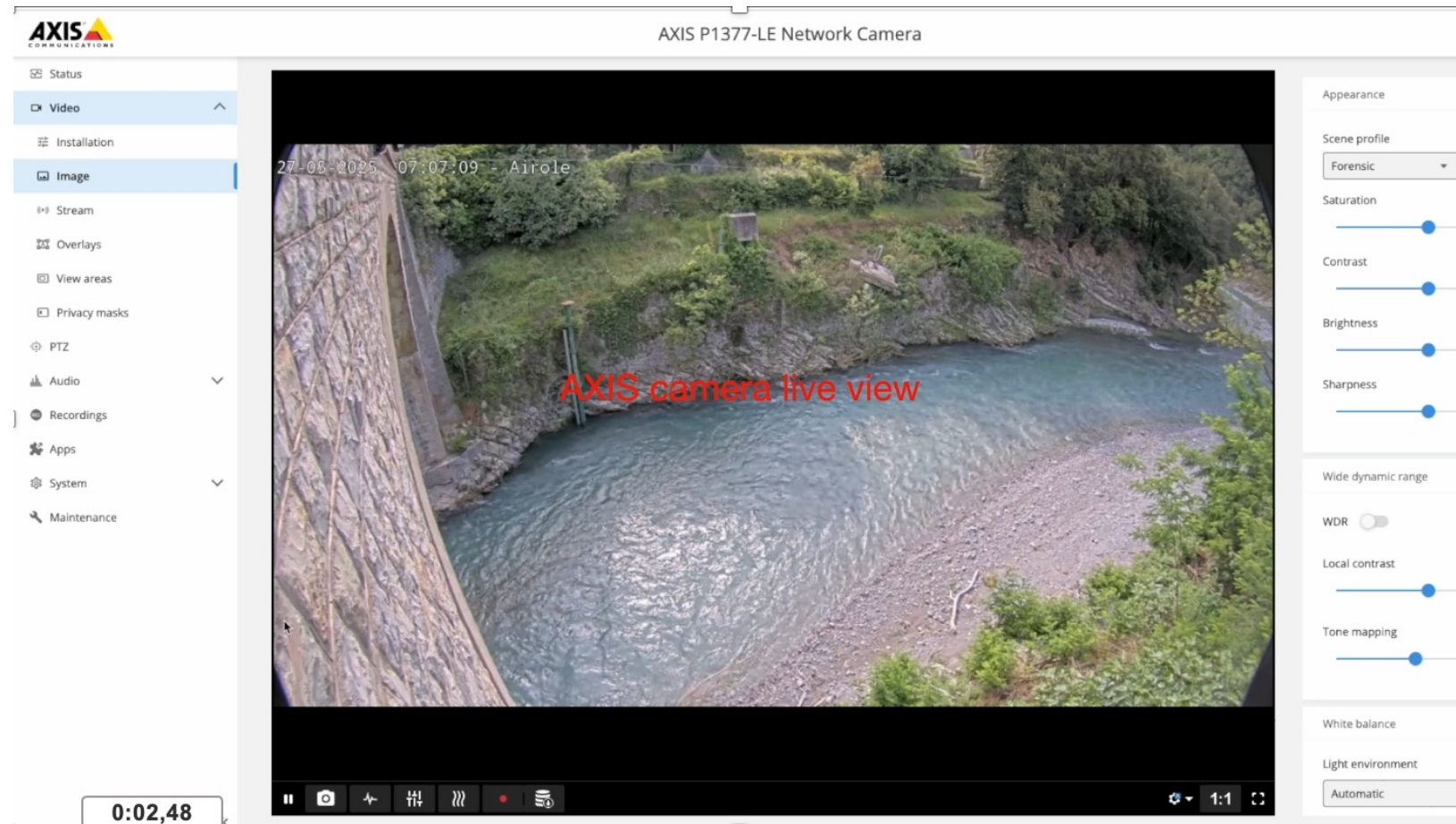
ARM-NN: Advanced RISC Machine Neural Network
DLPU: Deep Learning Processing Unit

Software

- Architectures de modèles légers dédiés aux applications embarquées
- **Distillation** de connaissances, **Elagage** (pruning), **quantification** de modèles etc.
- Opérations de machine learning (MLOps)

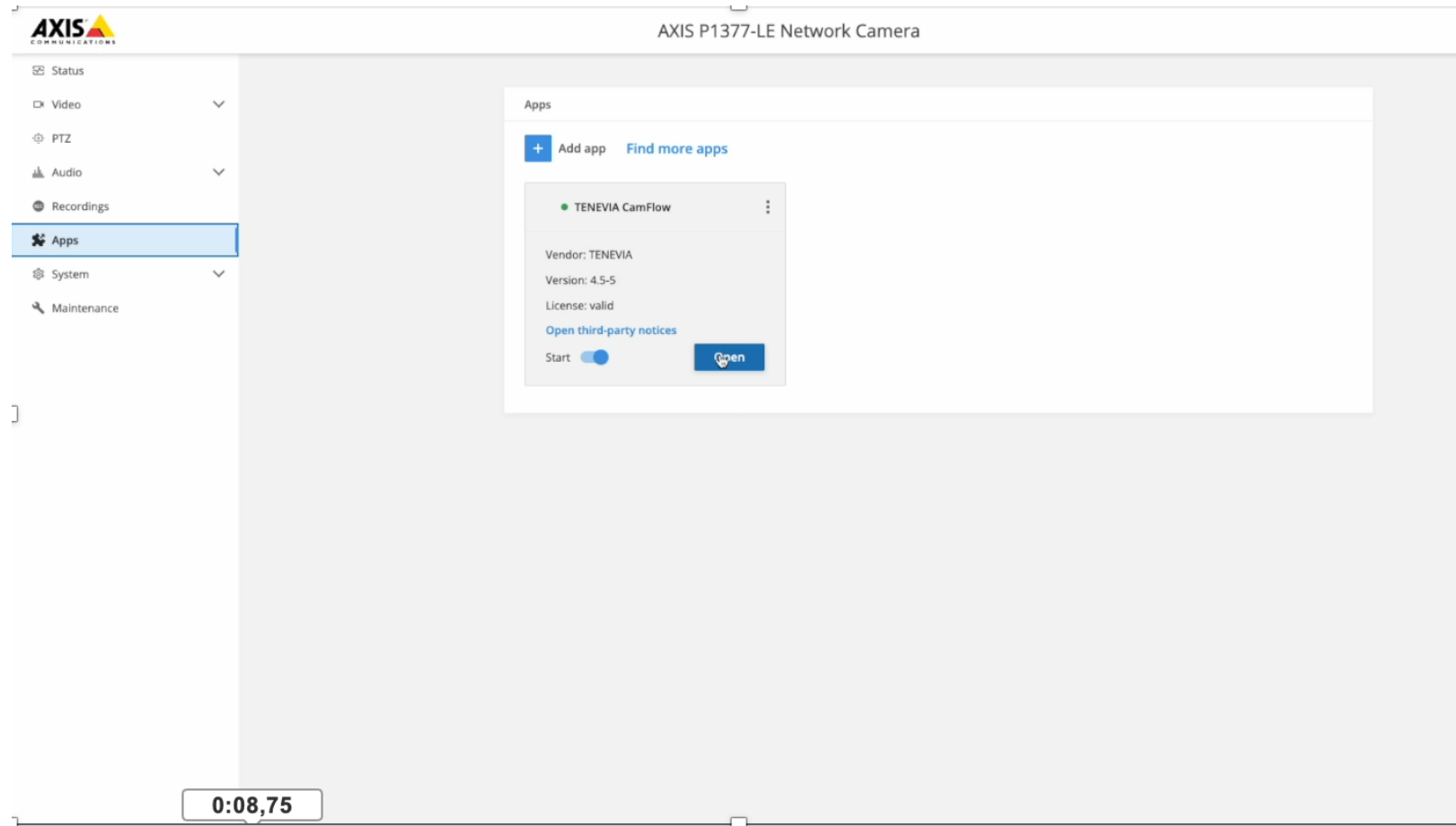


Analyse vidéo intelligente embarquée



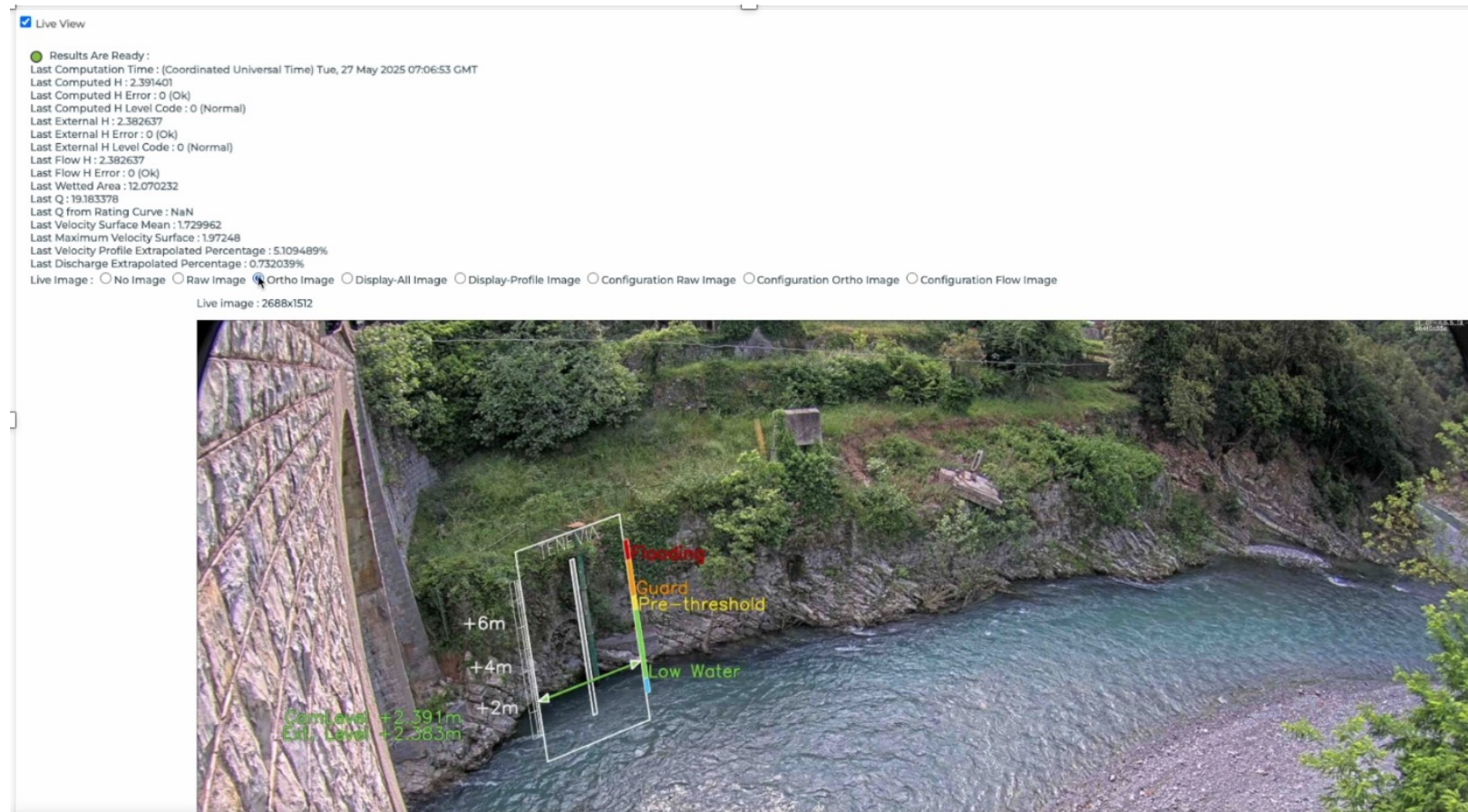
Cible: application s'exécutant sur caméra de vidéosurveillance

Analyse vidéo intelligente embarquée



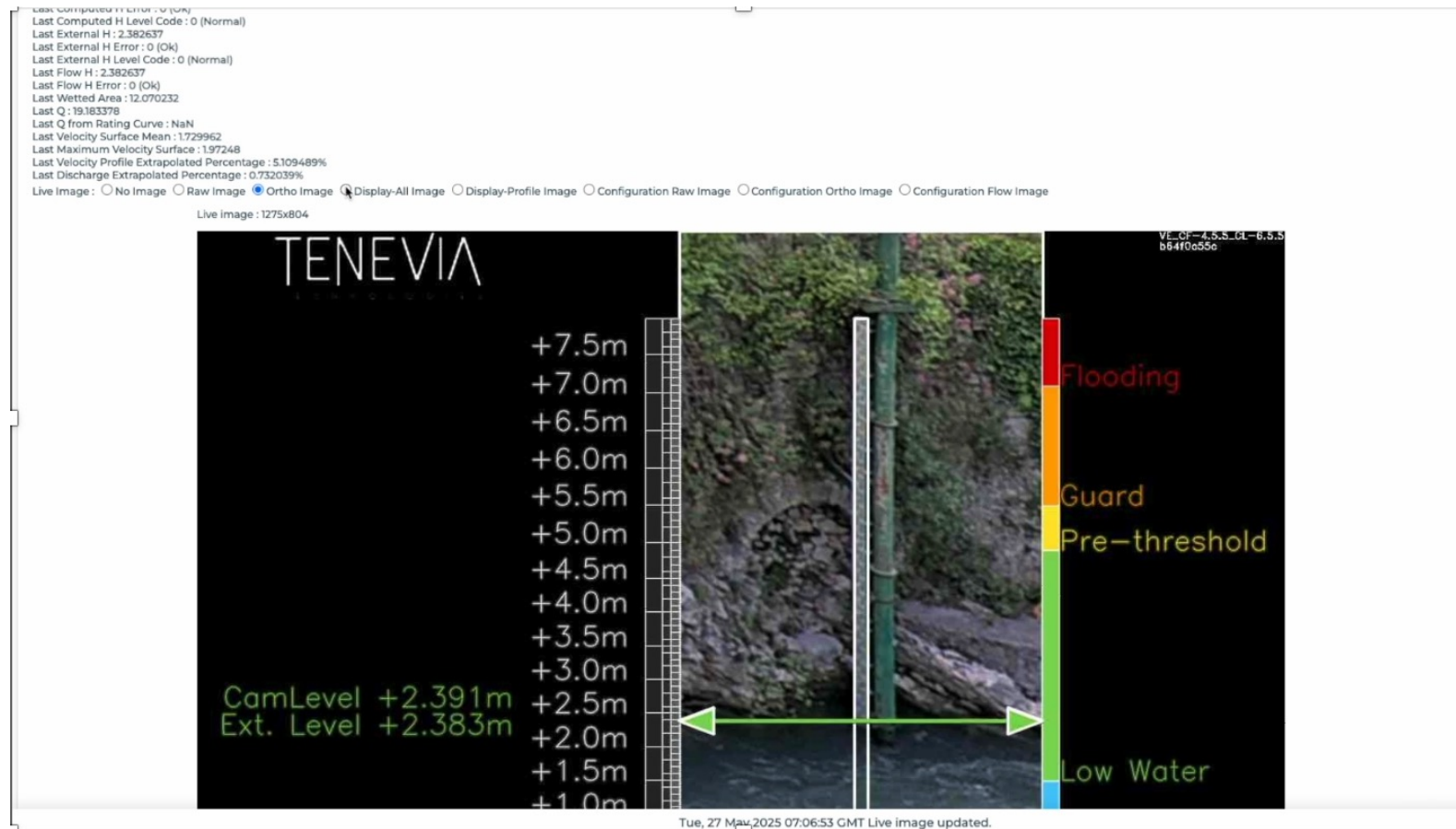
Cible: application s'exécutant sur caméra de vidéosurveillance

Analyse vidéo intelligente embarquée



Cible: application s'exécutant sur caméra de vidéosurveillance

Analyse vidéo intelligente embarquée



Cible: application s'exécutant sur caméra de vidéosurveillance

Mesures de hauteurs – Enjeux

Mesure **sans contact** et **vérifiable**, œil déporté



Mesures de hauteurs – Enjeux

Mesure **sans contact** et **vérifiable**, œil déporté



Mesures de hauteurs – Enjeux

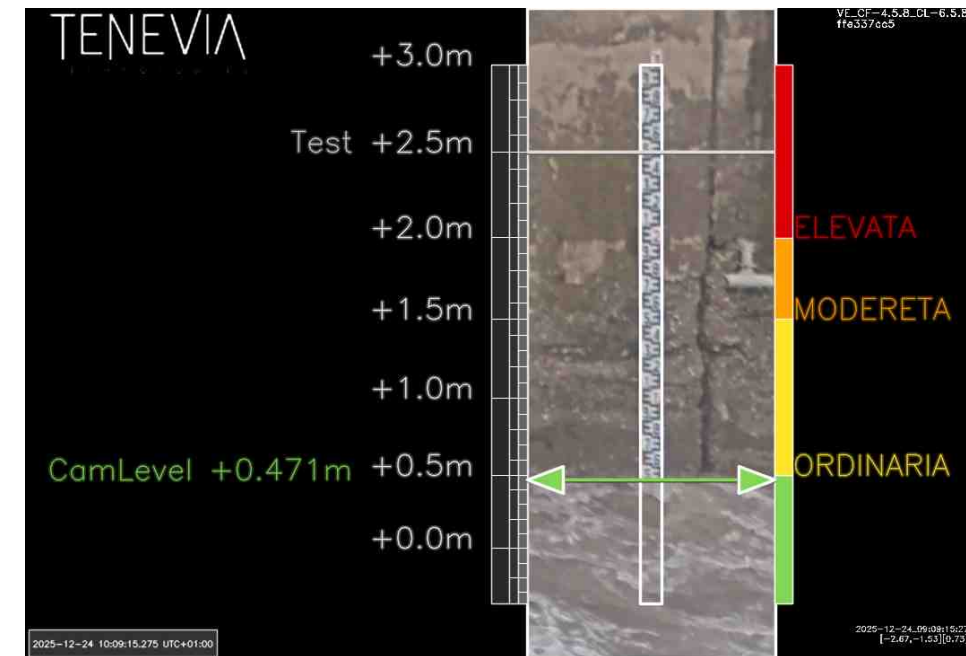
Mesure **sans contact** et **vérifiable**, œil déporté



Mesures de hauteurs – Principe

Détection automatique de la **ligne d'eau** sur une **échelle limnimétrique** (robustesse, précision, calibration, vérification)

- Séparation des deux milieux par **segmentation sémantique** au voisinage de l'échelle
- Conditions **contrastées** et parfois **compliquées**: luminosité, ombres, reflets, transparence, pluie, neige, brouillard etc.
- Capacités de **généralisation** indispensables pour exploitation opérationnelle
- **Calibration de site**, détection et compensation des **mouvements de caméra**



Mesures de hauteurs – Principe

Détection automatique de la **ligne d'eau** sur une **échelle limnimétrique** (robustesse, précision, calibration, vérification)

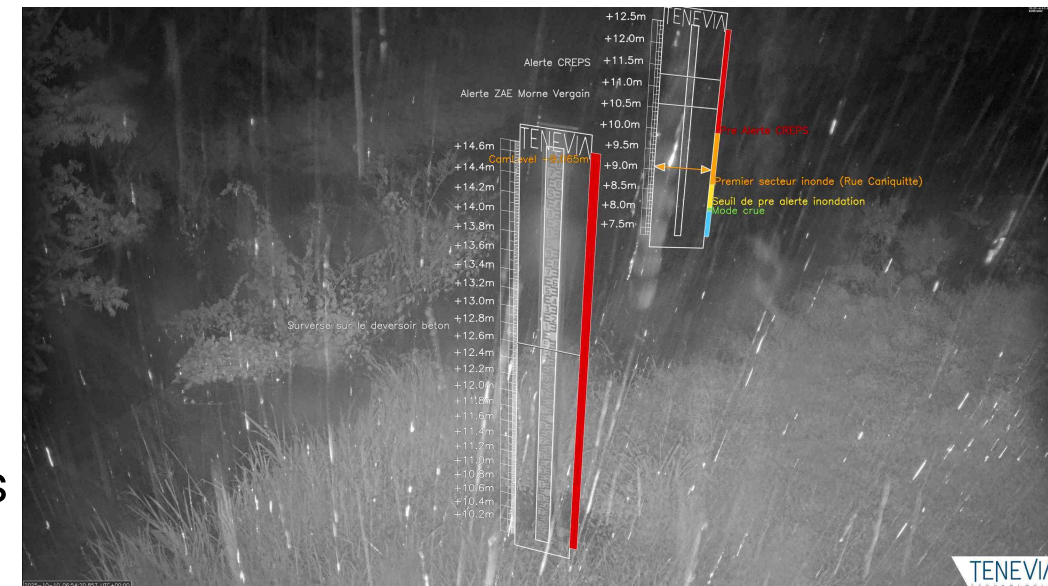
- Séparation des deux milieux par **segmentation sémantique** au voisinage de l'échelle
- Conditions **contrastées** et parfois **compliquées**: luminosité, ombres, reflets, transparence, pluie, neige, brouillard etc.
- Capacités de **généralisation** indispensables pour exploitation opérationnelle
- **Calibration de site**, détection et compensation des **mouvements de caméra**



Mesures de hauteurs – Principe

Détection automatique de la **ligne d'eau** sur une **échelle limnimétrique** (robustesse, précision, calibration, vérification)

- Séparation des deux milieux par **segmentation sémantique** au voisinage de l'échelle
- Conditions **contrastées** et parfois **compliquées**: luminosité, ombres, reflets, transparence, pluie, neige, brouillard etc.
- Capacités de **généralisation** indispensables pour exploitation opérationnelle
- **Calibration de site**, détection et compensation des **mouvements de caméra**

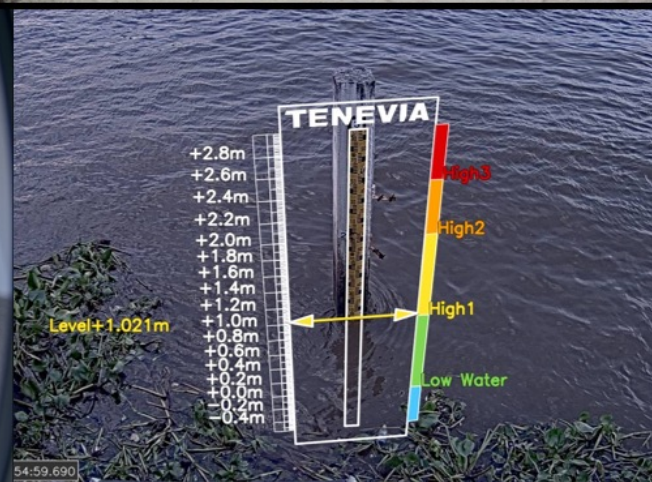


Mesures de hauteurs – Principe

Détection automatique de la **ligne d'eau** sur une **échelle limnimétrique** (robustesse, précision, calibration, vérification)

- Séparation des deux milieux par **segmentation sémantique** au voisinage de l'échelle
- Conditions **contrastées** et parfois **compliquées**: luminosité, ombres, reflets, transparence, pluie, neige, brouillard etc.
- Capacités de **généralisation** indispensables pour exploitation opérationnelle
- **Calibration de site**, détection et compensation des **mouvements de caméra**





Mesures de hauteurs – Approche & résultats

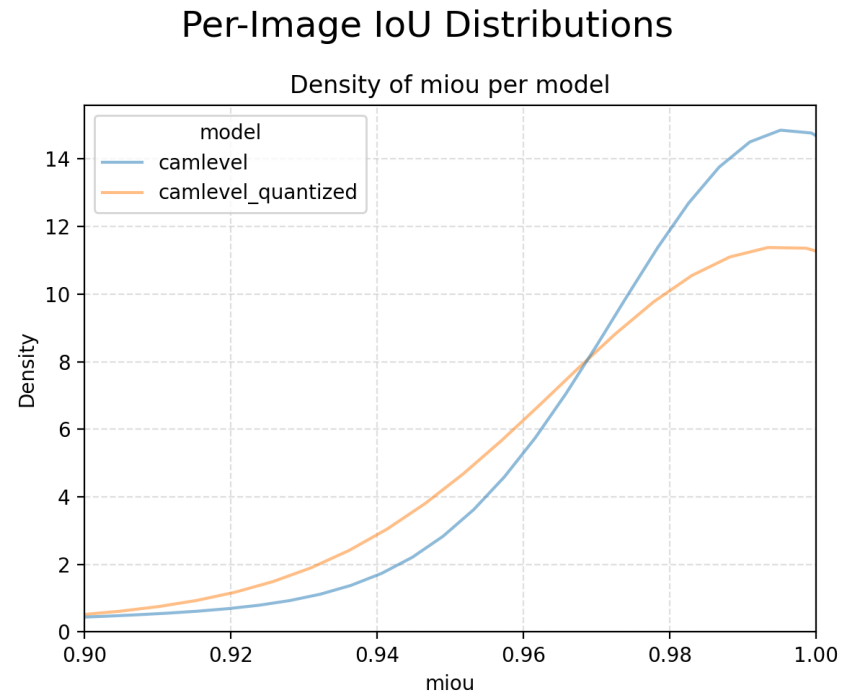
- Base de données labellisée d'environ 3K images, conditions contrastées et parfois compliquées, data augmentation
- **Architecture légère** de type fully convolutional neural network (FCN), environ 10 millions de ddl
- **Elagage** et **quantification** pour **accélération matérielle**

Mesures de hauteurs – Approche & résultats

- Base de données labellisée d'environ 3K images, conditions contrastées et parfois compliquées, data augmentation
- **Architecture légère** de type fully convolutional neural network (FCN), environ 10 millions de ddl
- **Elagage** et **quantification** pour **accélération matérielle**

Model	IoU
CamLevel	0,9763
CamLevel Quantized	0,9681

IoU: Intersection over Union



Mesures de hauteurs – Approche & résultats

- Base de données labellisée d'environ 3K images, conditions contrastées et parfois compliquées, data augmentation
- **Architecture légère** de type fully convolutional neural network (FCN), environ 10 millions de ddl
- **Elagage** et **quantification** pour **accélération matérielle**

Model	IoU
CamLevel	0,9763
CamLevel Quantized	0,9681

Model	Inference time (ms)
CamLevel (CPU)	277
CamLevel Quantized (DLPU)	48

Inference on ARTPEC9

=> Pertes en performances limitées, inférence beaucoup plus rapide (x5)

Détection de zones inondées – Enjeux

Surveillances d'infrastructures critiques et de zones à risque



Détection de zones inondées – Enjeux

Surveillances d'infrastructures critiques et de zones à risque



Détection de zones inondées – Enjeux

Surveillances d'infrastructures critiques et de zones à risque



Détection de zones inondées – Enjeux

Détection de submersion de points critiques



Détection de zones inondées – Principe

Détection automatique de **zones inondées**, émission d'alarmes sur **franchissement de seuils** (surfaces/niveaux)

- Identification des surfaces en eau par **segmentation sémantique**
- **Conditions contrastées** et parfois **compliquées**
- **Capacités de généralisation** indispensables



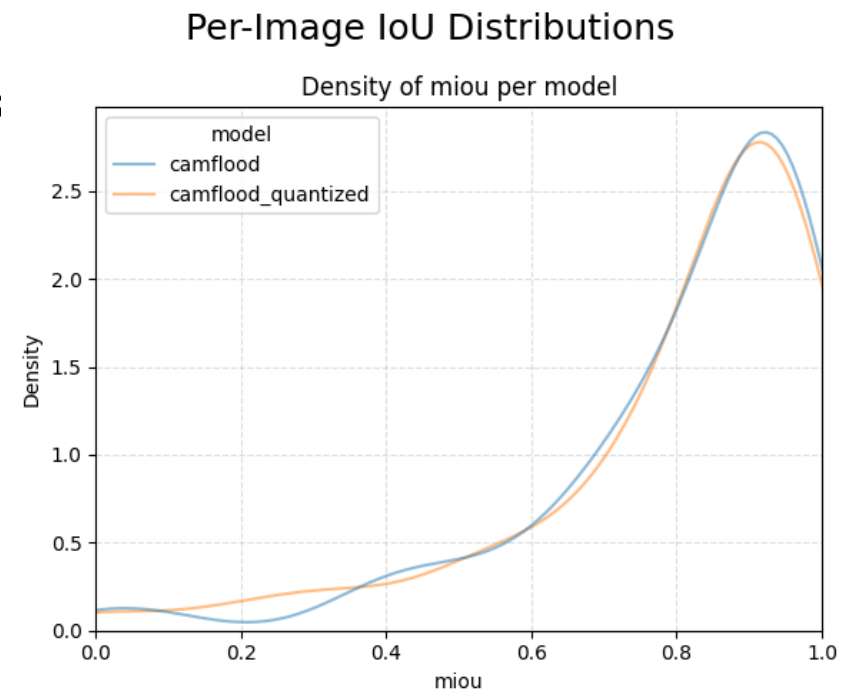
Détection de zones inondées – Approche & résultats

- Base de données labellisée d'environ 6.3K images, conditions contrastées et parfois compliquées, data augmentation
- **Distillation** de connaissances via modèle de **segmentation panoptique** (215 millions de ddl)
- **Architecture légère** de type fully convolutional neural network (FCN), environ 11 millions de ddl
- **Elagage** et **quantification** pour accélération matérielle

Détection de zones inondées – Approche & résultats

- Base de données labellisée d'environ 6.3K images, conditions contrastées et parfois compliquées, data augmentation
- **Distillation** de connaissances via modèle de **segmentation panoptique** (215 millions de ddl)
- **Architecture légère** de type fully convolutional neural network (FCN), environ 11 millions de ddl
- **Elagage** et **quantification** pour accélération matérielle

Model	Model parameters (Millions)	IoU
Camflood Heavy (800 MB)	215	0.89
Camflood (40MB)	11	0.81
Camflood Quantized (10MB)	11	0.8



Détection de zones inondées – Approche & résultats

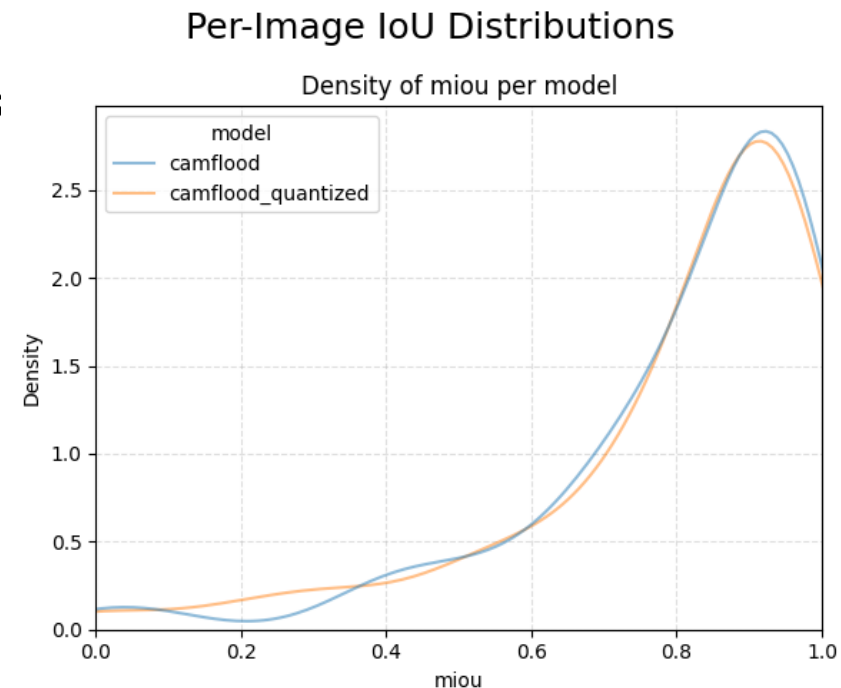
- Base de données labellisée d'environ 6.3K images, conditions contrastées et parfois compliquées, data augmentation
- **Distillation** de connaissances via modèle de **segmentation panoptique** (215 millions de ddl)
- **Architecture légère** de type fully convolutional neural network (FCN), environ 11 millions de ddl
- **Elagage** et **quantification** pour accélération matérielle

Model	Model parameters (Millions)	IoU
Camflood Heavy (800 MB)	215	0.89
Camflood (40MB)	11	0.81
Camflood Quantized (10MB)	11	0.8

Model / Device	CPU (ms)	DLPU (ms)
Camflood	3300	688
Camflood Quantized	1357	278

Inference on ARTPEC9

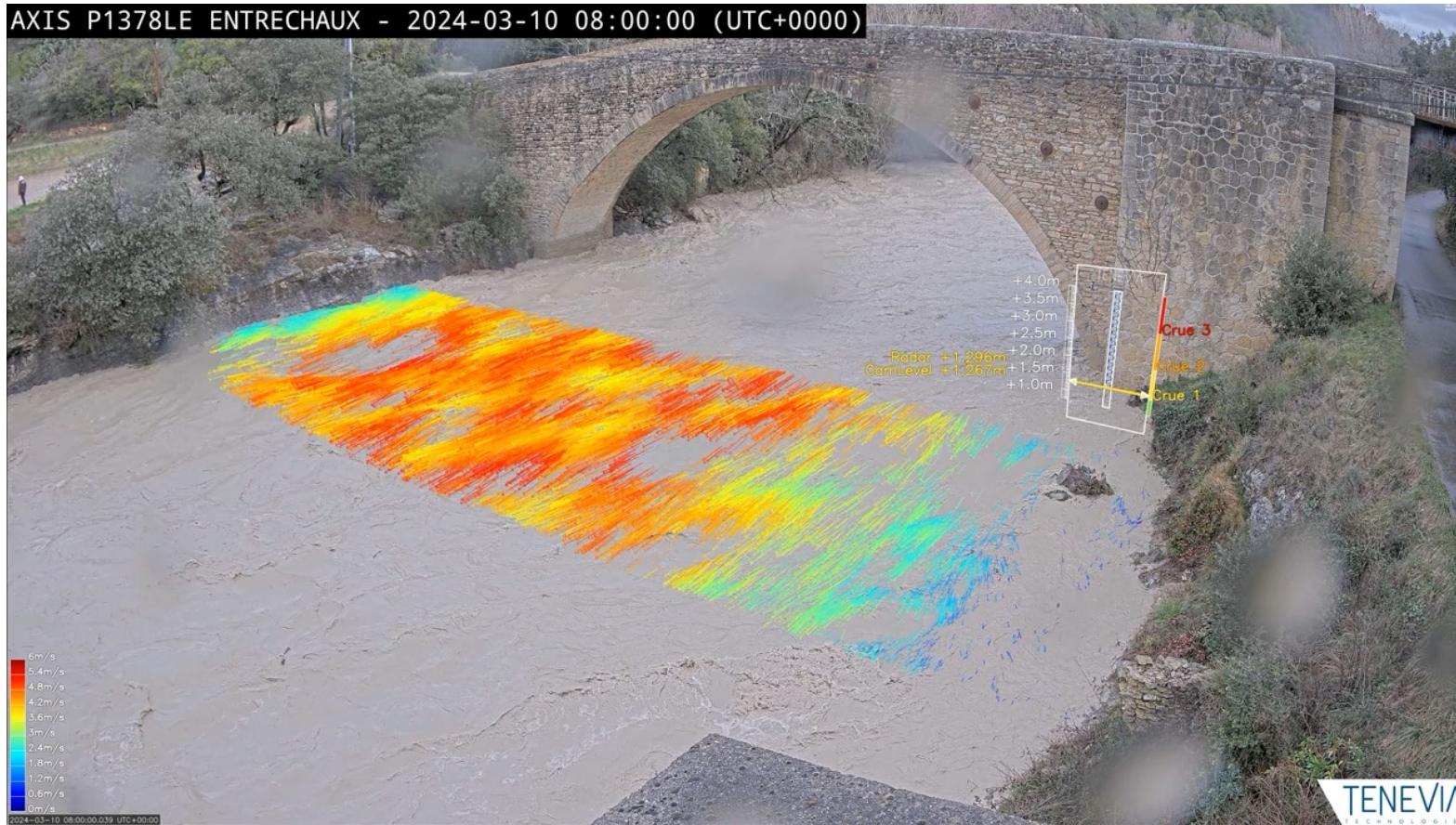
=> Ecart notable avec architecture plus complexe, pertes limitées après quantification, inférence beaucoup plus rapide (x12)



Conclusions et perspectives

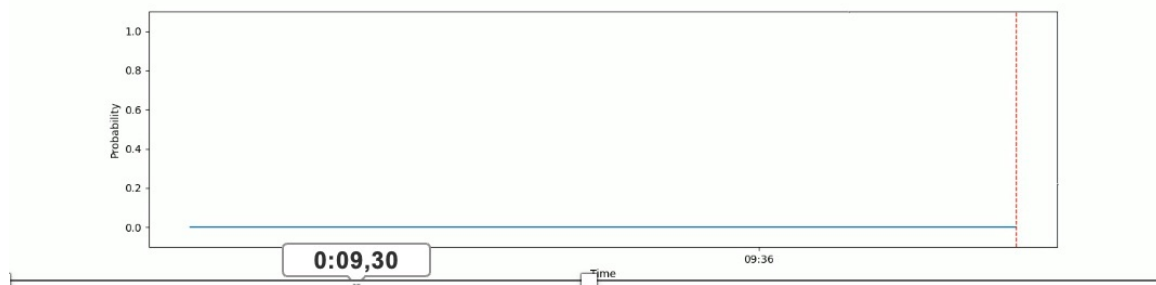
- Analyse vidéo embarquée peut devenir un outil au service de la gestion des risques naturels
- Ecart avec modèles volumineux et énergivores **encore réductibles** pour tâches complexes
- Caractéristiques des modèles plus légers (convolutions séparables en profondeur, activations concentrées sur une plage réduite, normalisation par lots etc) permettant de **limiter l'effet de la quantification**.
- **Gains en rapidité** très importants avec l'accélération matérielle (plusieurs inférences par seconde)
- **Autres applications:** mesures de vitesses et calculs de débits, détection de pollutions dans les milieux aquatiques, l'optimisation de processus industriels au sein de stations de traitement des eaux usées (STEU)

Conclusions et perspectives



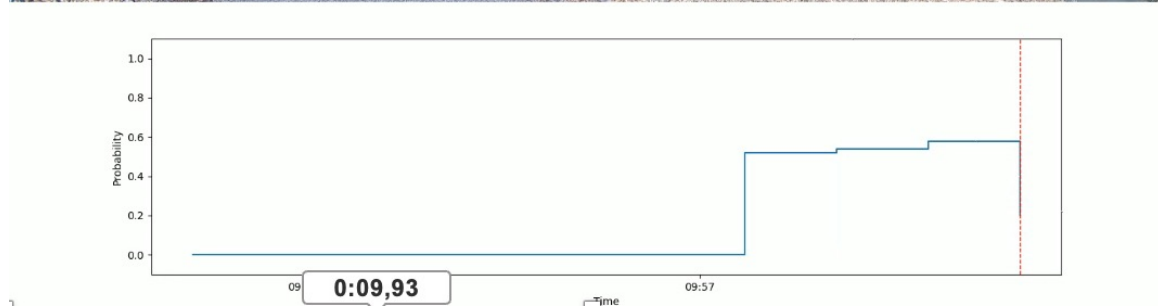
Mesure de vitesses et estimation de débits

Conclusions et perspectives



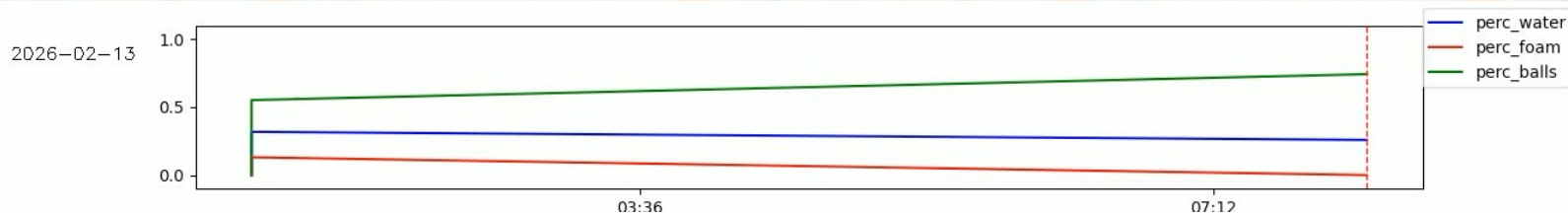
Détection de déversements anormaux dans les milieux aquatiques

Conclusions et perspectives



Détection de déversements anormaux dans les milieux aquatiques

Conclusions et perspectives



Surveillance des effluents d'une STEU