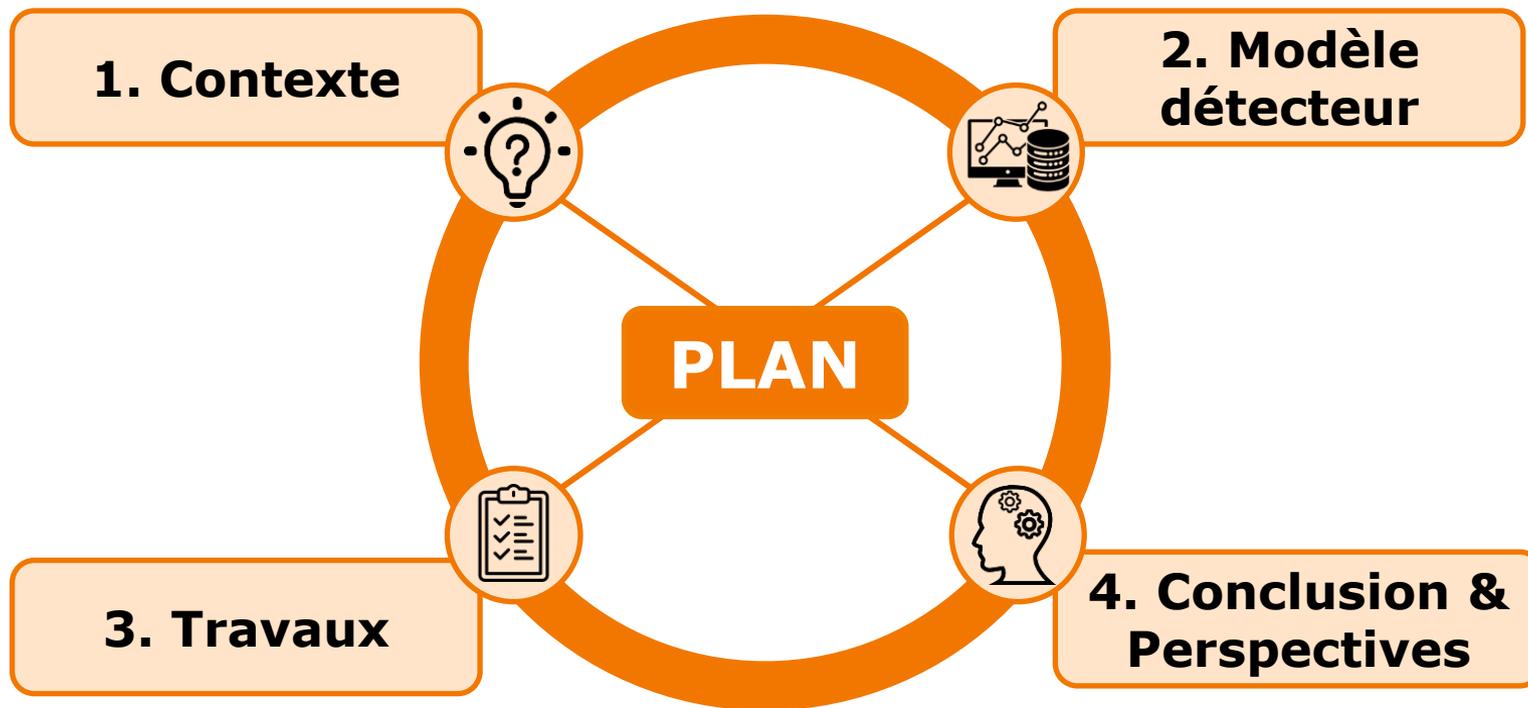


MESURE NON-INVASIVE DES MOUVEMENTS DES CORDES VOCALES EN ÉCHOGRAPHIE

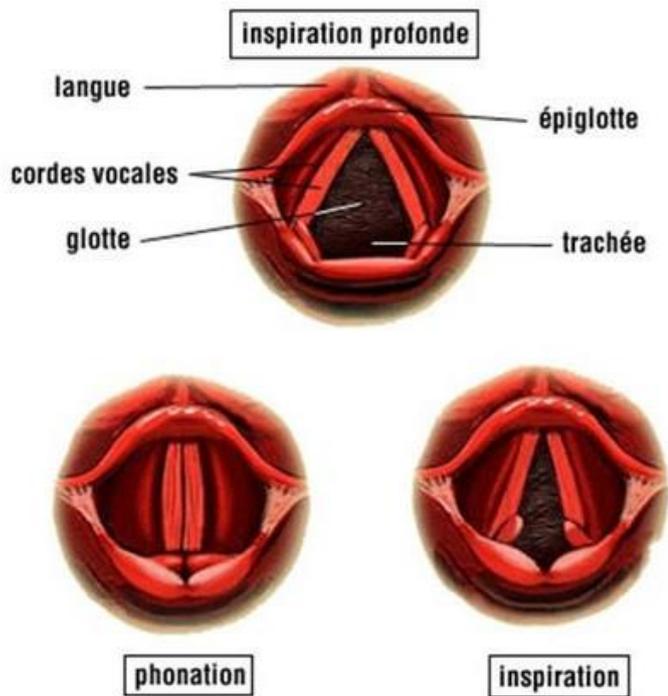
BUI Trung Kien

Encadrante: FROUIN Frédérique



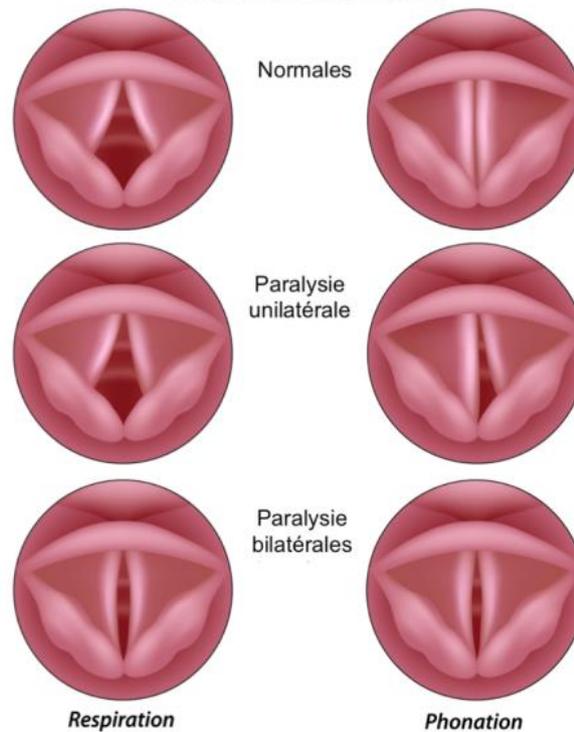
Contexte

➤ Anatomie



Vue supérieure du larynx

Paralysie des cordes vocales

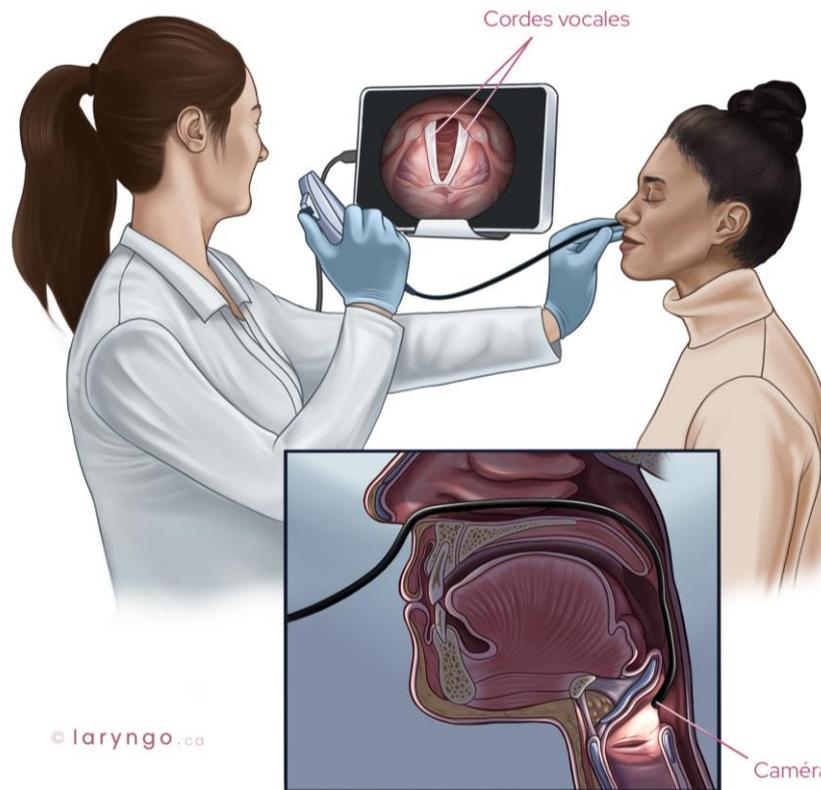




Contexte

➤ Méthode de diagnostic la plus utilisée: Laryngoscopie

- Bonne visualisation de l'intérieur du larynx
- Méthode mini invasive





Contexte

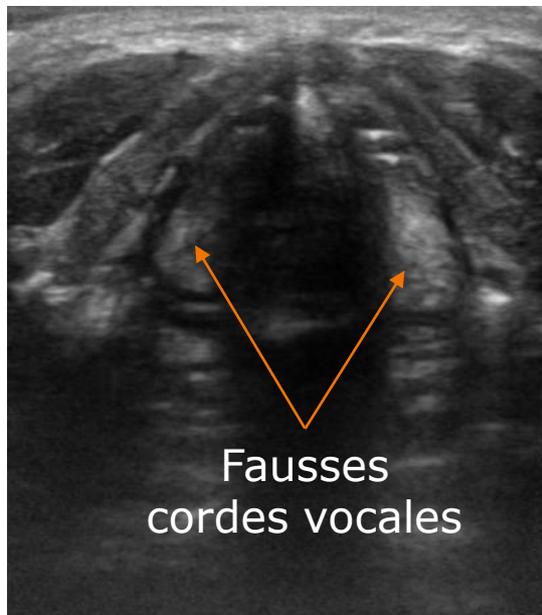
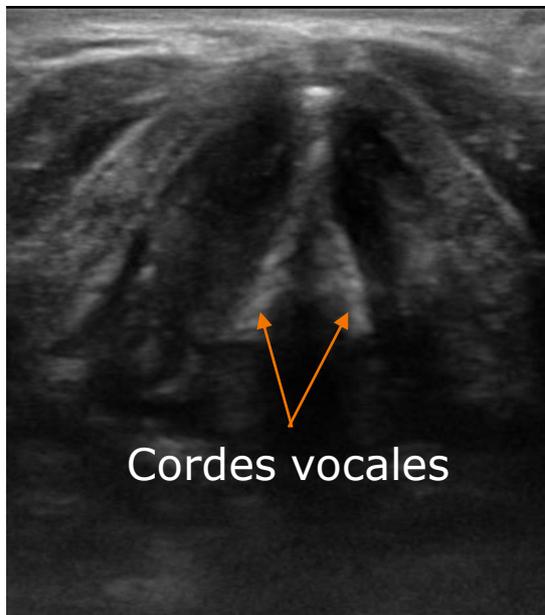
➤ Méthode alternative: Echographie translaryngée





Contexte

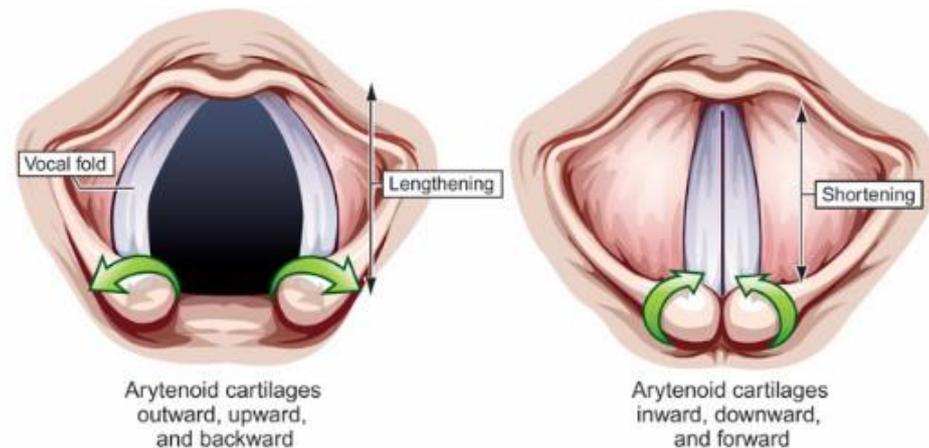
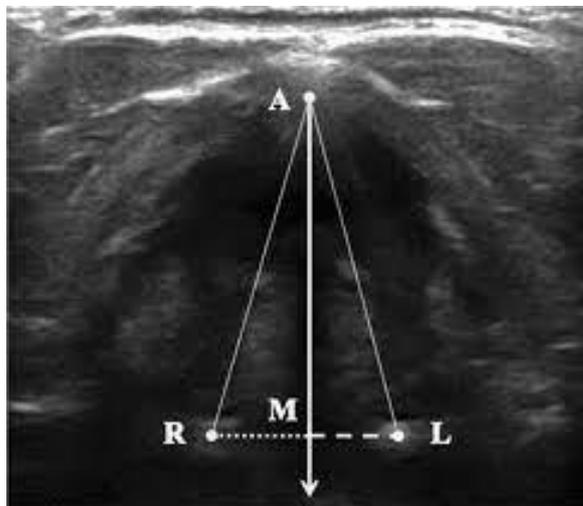
➤ Difficulté de la visualisation des cordes vocales





Contexte

➤ Etude sur les éléments de mouvement avoisinants



A : Cartilage thyroïdien

R,L : Cartilages aryténoïdes

Source: Bergeret-Cassagne et al J Ultrasound Med (2017)



Contexte

➤ **Objectif principal du projet VOCALISE**

« Quantification des mouvements des cordes vocales pour mesurer l'impact de l'orthophonie »

➤ **Objectif de mon premier travail**

« Détection et suivi automatisés des marqueurs du mouvement par des méthodes Deep Learning »

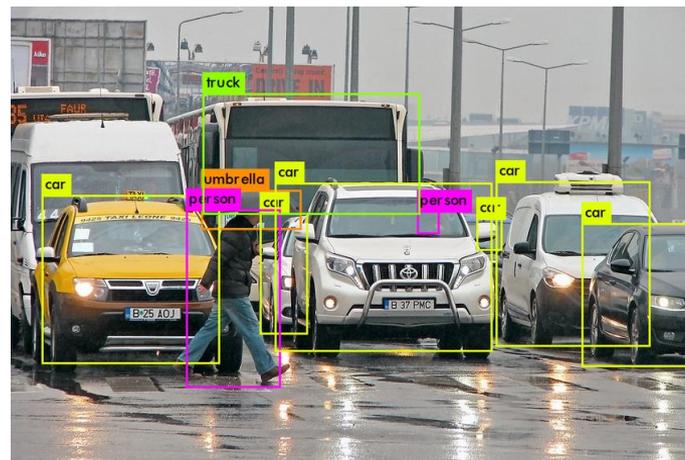
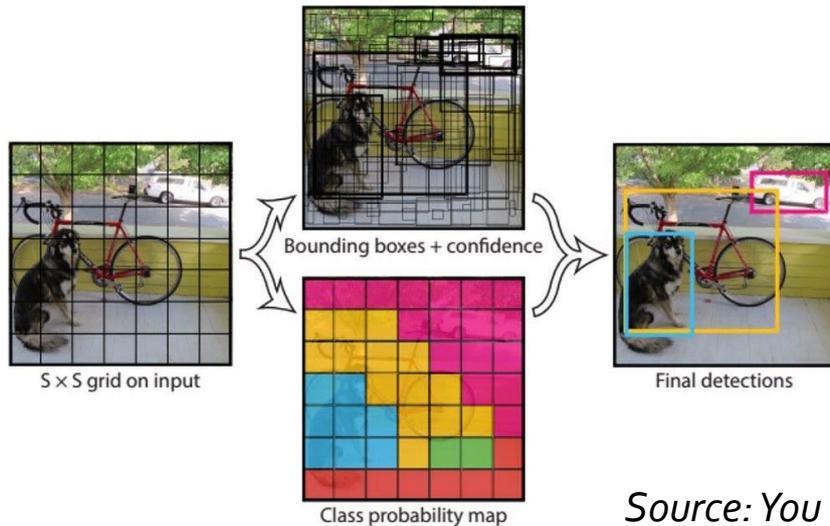




Détecteur

➤ YOLO – *You Only Look Once*

- Détecter, localiser et classifier des objets en une seule étape
- Haut niveau de précision et de vitesse
- Travaux sur la version YOLOv7

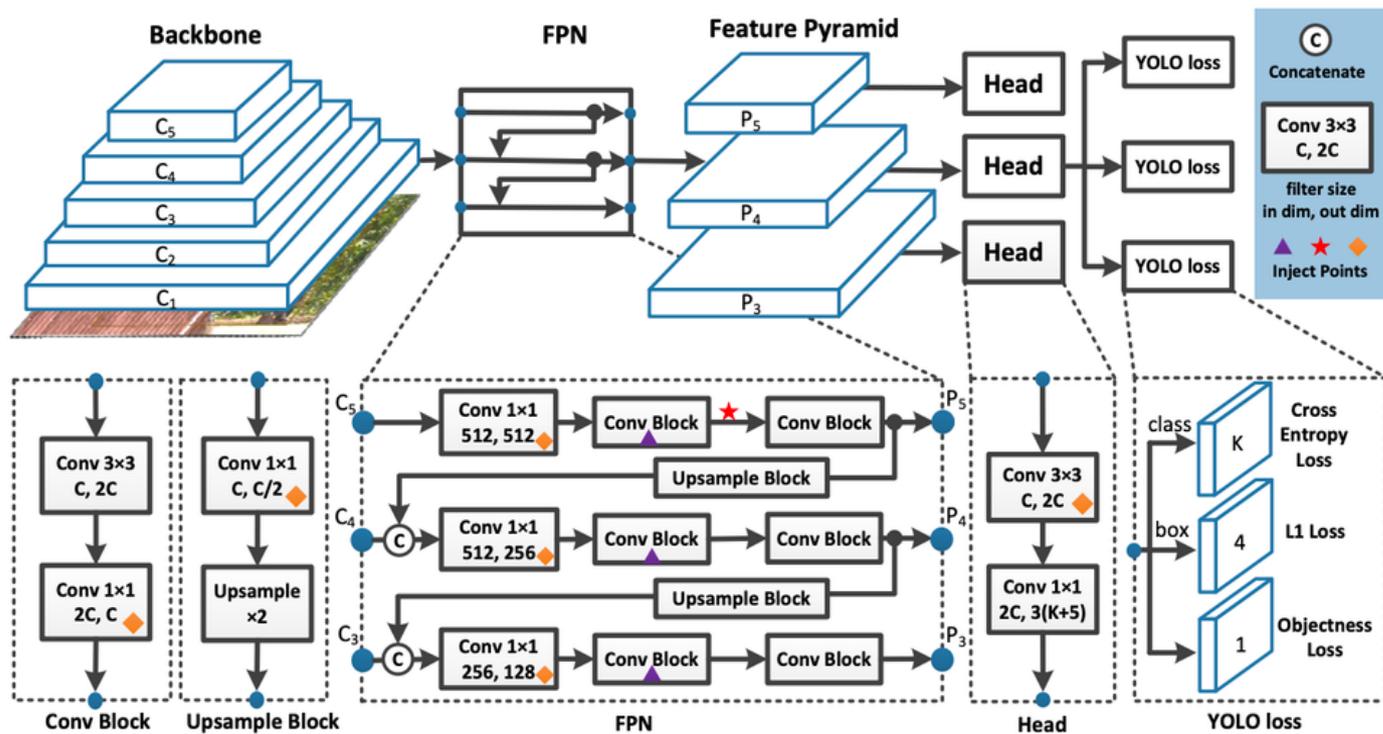


Source: *You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection*



Détecteur

➤ YOLO architecture



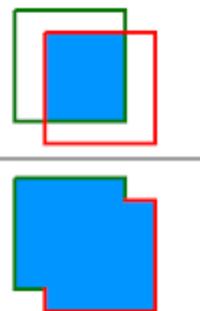
Source: PP-YOLO: An Effective and Efficient Implementation of Object Detector

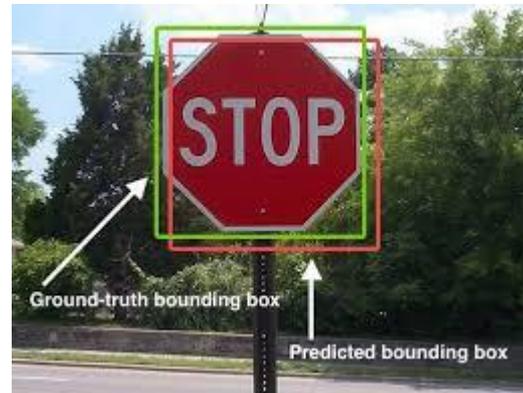


Détecteur

➤ Métriques d'évaluation pour YOLO

- *Intersection over Union (IoU)*

$$IoU = \frac{\text{area of overlap}}{\text{area of union}}$$




Vérifier la précision du détecteur

Déterminer le seuil de IoU pour valider la prédiction



Détecteur

➤ Métriques d'évaluation pour YOLO

- *Matrice de confusion*

TP si $\text{IoU} > \text{seuil donné}$

FP si $\text{IoU} < \text{seuil donné}$

FN si l'objet non détecté

		True Class	
		Positive	Negative
Predicted Class	Positive	TP	FP
	Negative	FN	TN



Détecteur

➤ Métriques d'évaluation pour YOLO

- *Matrice de confusion*

Seuil IoU = 0.5 ; **ground-truth** ; **prediction**



TP



FN



FP



Détecteur

➤ Métriques d'évaluation pour YOLO

- *Matrice de confusion*

TP si IoU > seuil donné

FP si IoU < seuil donné

FN si l'objet non détecté

- *Précision*

$$p = \frac{TP}{TP + FP}$$

- *Recall*

$$r = \frac{TP}{TP + FN}$$

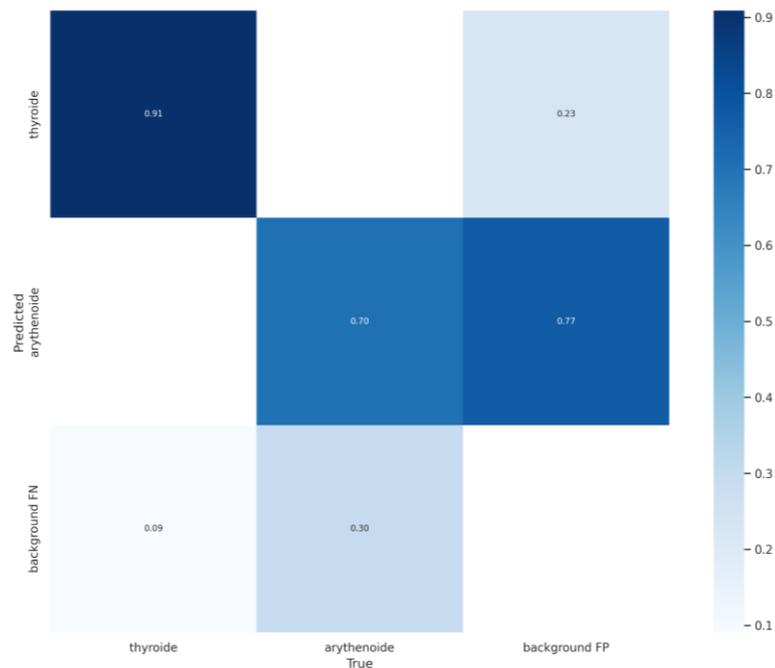
		True Class	
		Positive	Negative
Predicted Class	Positive	TP	FP
	Negative	FN	TN



Détecteur

➤ Métriques d'évaluation pour YOLO

- Matrice de confusion pour la classification multiclasse





Détecteur

➤ Métriques d'évaluation pour YOLO

Pour la classification multiclasse

- *AP (Average precision)* est calculée comme la moyenne des valeurs de précision pour toutes les valeurs de recall entre 0–1 à une seuil donnée de IoU ($AP@.5$, $AP@.75$, $AP@.95$,...)
- *$mAP@.5$ (mean Average precision à $IoU = 0.5$)* est calculée comme la moyenne des valeurs $AP@.5$ de chaque classe

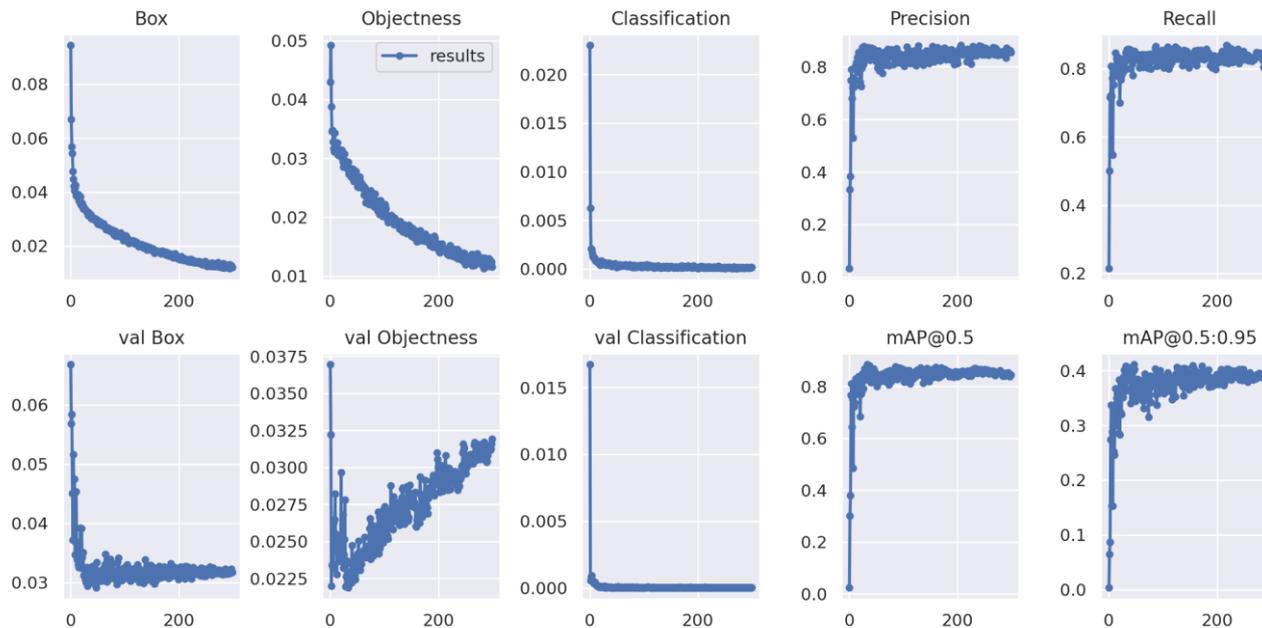




Détecteur

➤ Métriques d'évaluation pour YOLO

- *Box/Objectness/Classification loss*



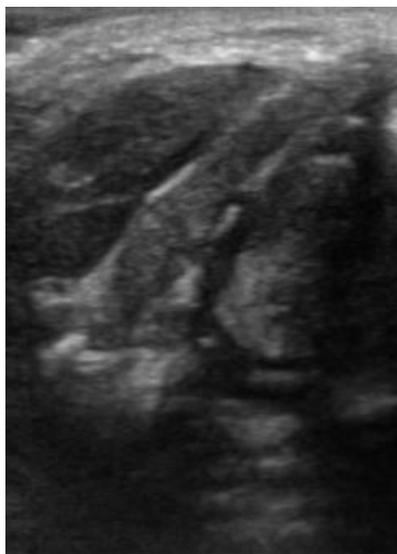


Travaux

➤ Reprise de l'ancien travail

- Donnée = Image de hémilarynx + Annotation

0 0.6431535269709544 0.5533769063180828 0.2697095435684647 0.10893246187363835



Côté gauche



Côté droit inversé



Image avec annotation



Travaux

➤ Reprise de l'ancien travail

- Training du YOLOv7 pour détection des aryténoïdes
 - Au total : 2638 images annotées = 1319 de chaque hémilarynx
 - *Train set* : 2156 (~80%)
 - *Val set* : 482 (~20%)
 - Hyperparamètres à défaut
 - 300 époques

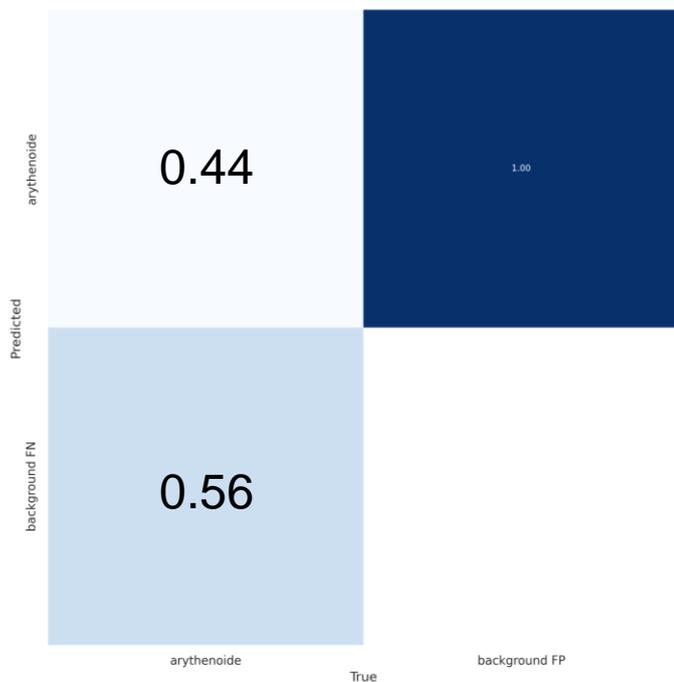




Travaux

➤ Reprise de l'ancien travail

- Résultat du training du modèle YOLO pour détection des aryténoïdes

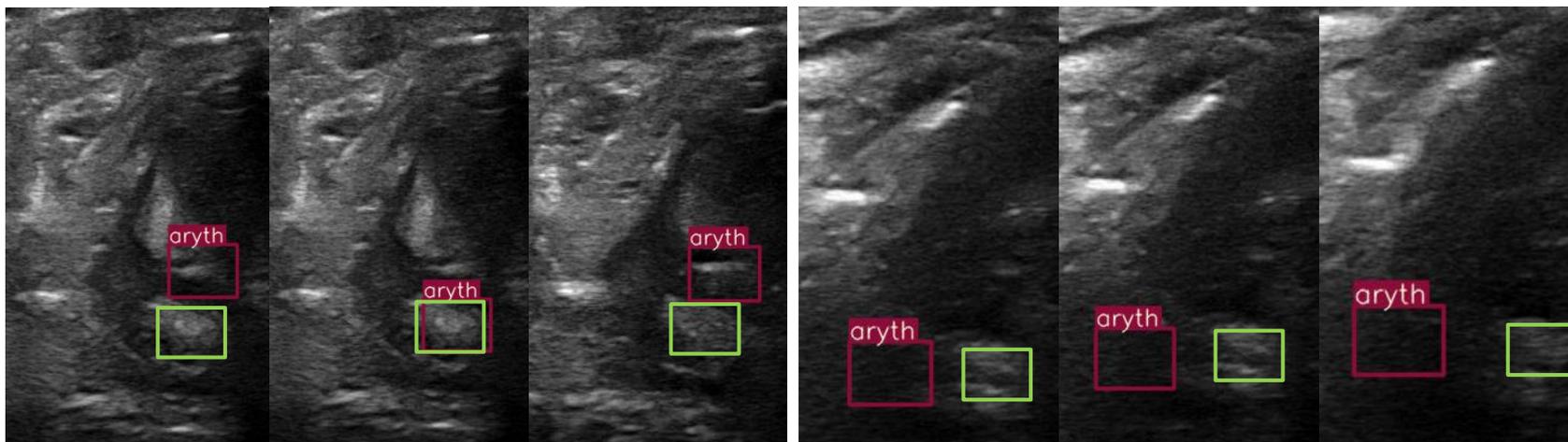




Travaux

➤ Reprise de l'ancien travail

- Problèmes des annotations
ground-truth ; annotation



Côté gauche

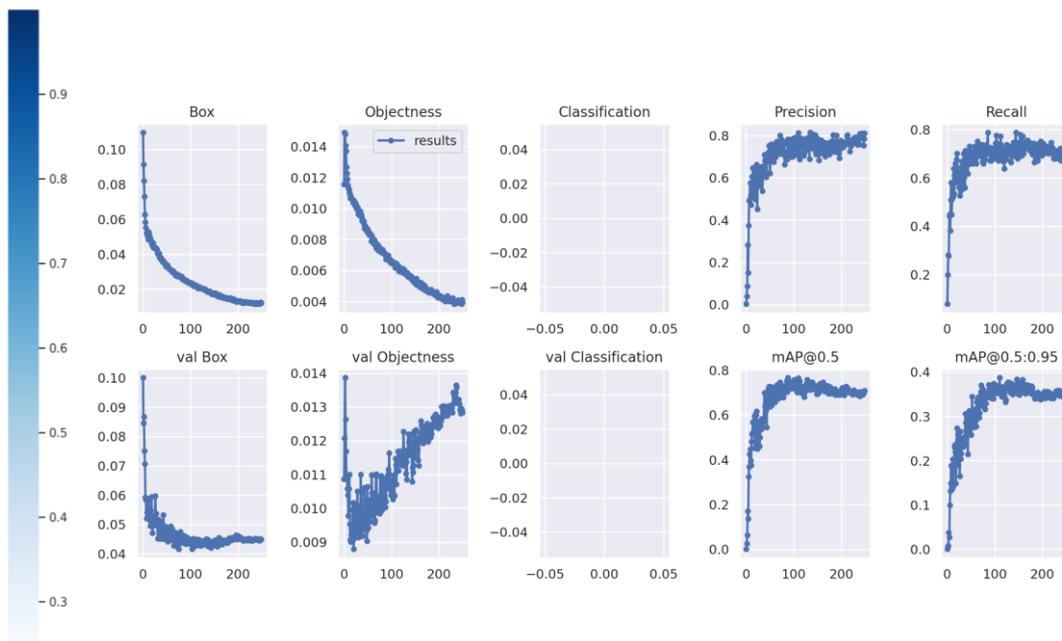
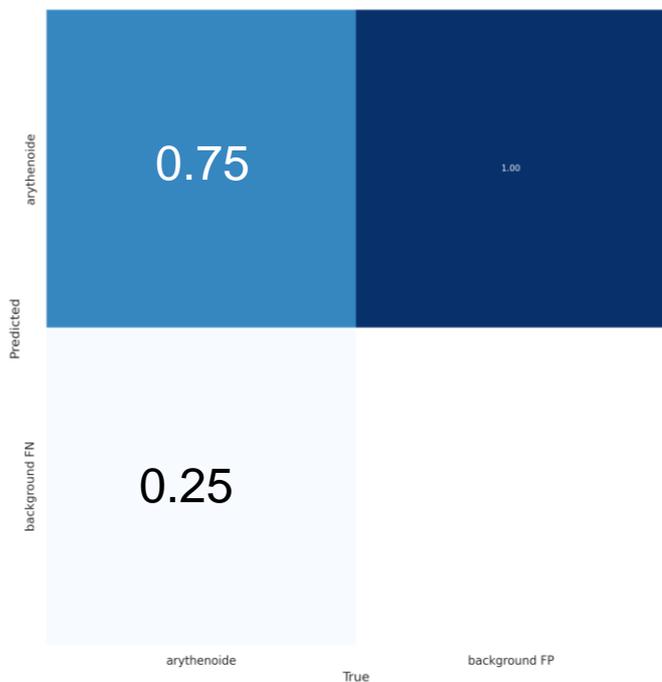
Côté droit inversé



Travaux

➤ Reprise de l'ancien travail

- Résultat du training pour les bonnes images de côté gauche

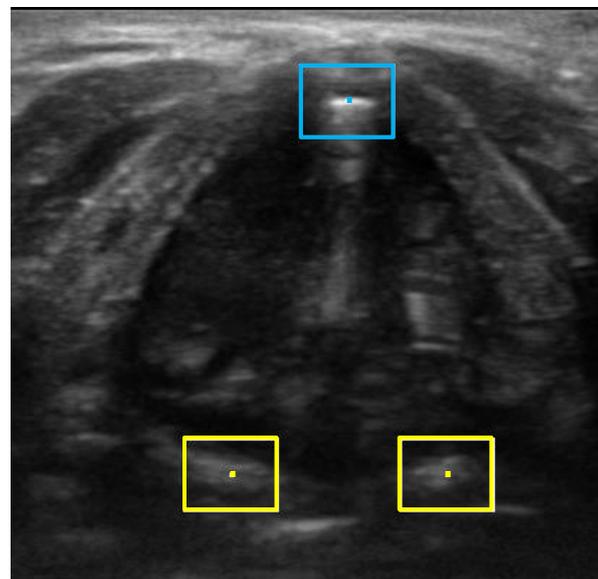
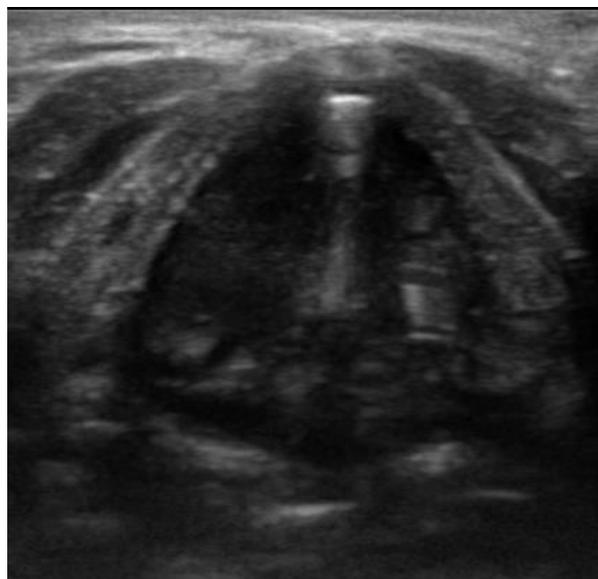




Travaux

➤ Préparation des nouvelles bases de données

- Image entière du larynx
- 2 classes à détecter: cartilage **thyroïdien** et **aryténoïdes**





Travaux

➤ Préparation des nouvelles bases de données

- Au total : 2395 images annotées
- 3 bases de données différentes
 - **BDD1** : 151 patients – 1637 images acquises par un expert avec un échographe; annotées par deux experts.
 - **BDD2** : 46 patients – 621 images acquises par des différents experts avec 4 échographes différents; annotées par un expert.
 - **BDD3** : 64 patients – 137 images acquises par un expert avec un échographe; annotées par un expert.

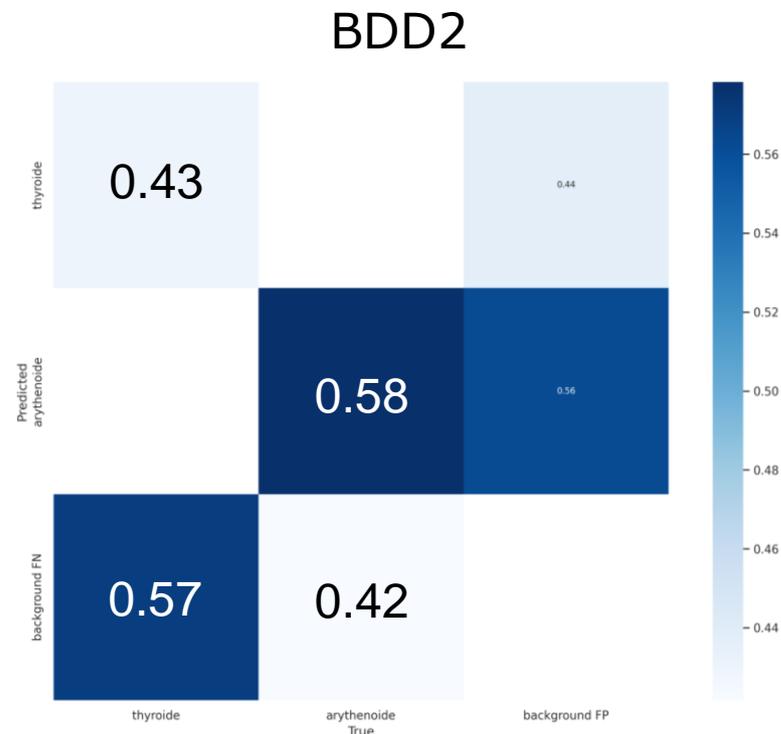
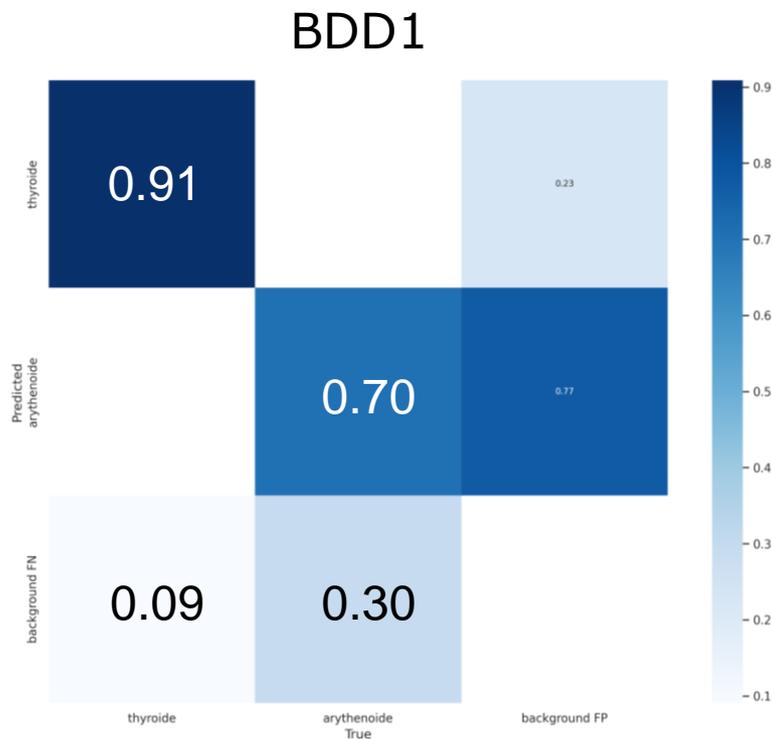




Travaux



➤ Résultats training pour les nouvelles bases de données





Travaux

➤ Curation des données

- Créer des ensembles de données conformes à l'accord de l'expert
- Nouvelles bases de données : 1255 images au total
 - **BDD1** : 120 patients – 812 images
 - **BDD2** : 42 patients – 322 images
 - **BDD3** : 55 patients – 121 images

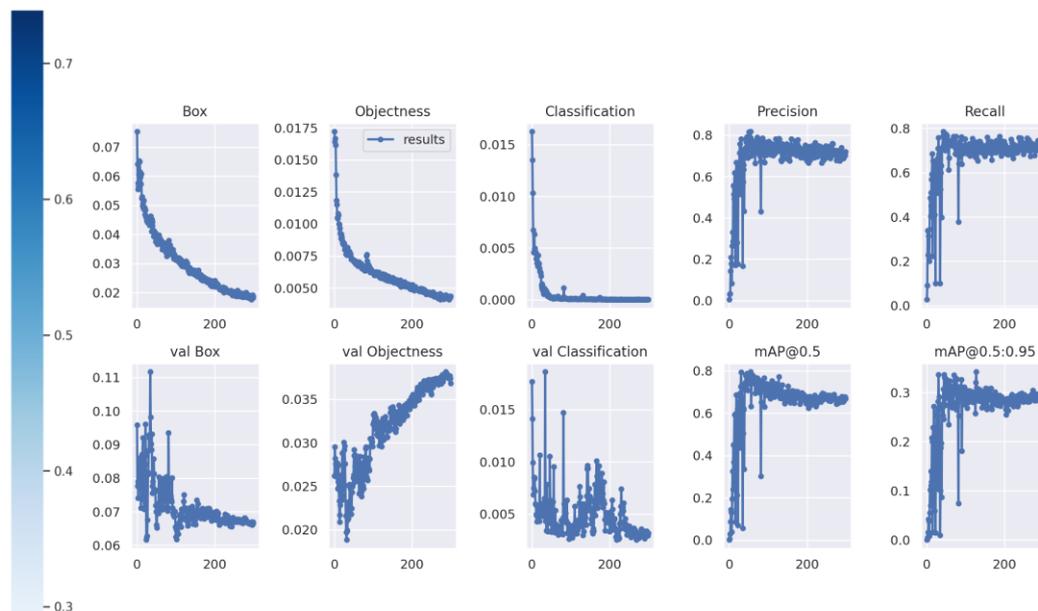
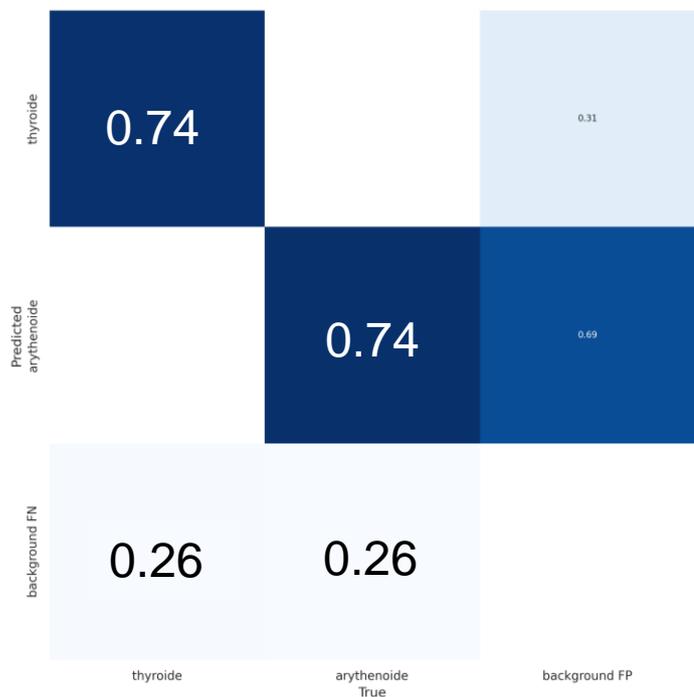




Travaux

➤ Résultats après curation des données

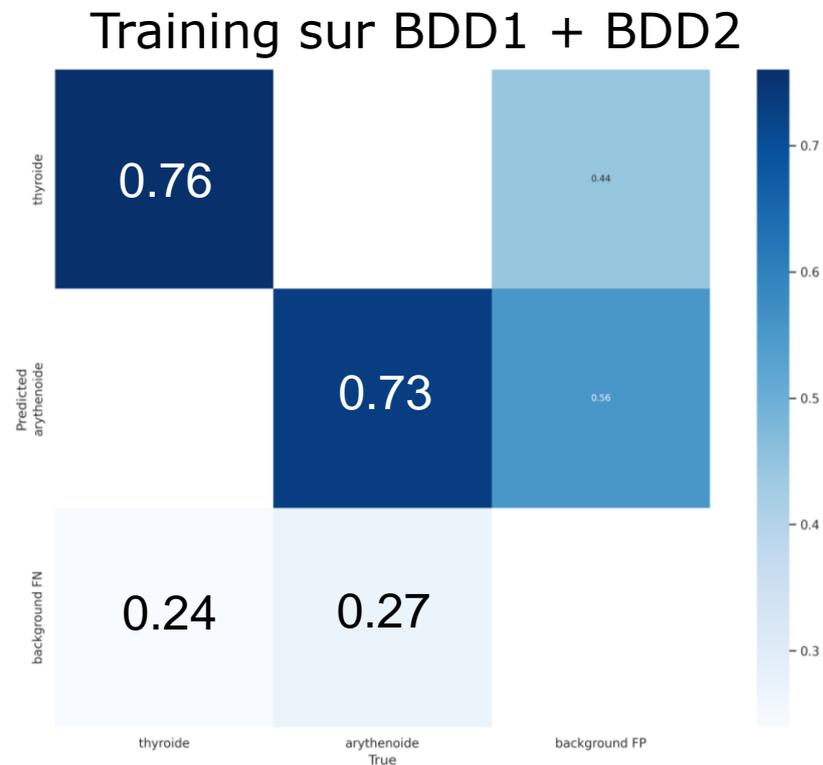
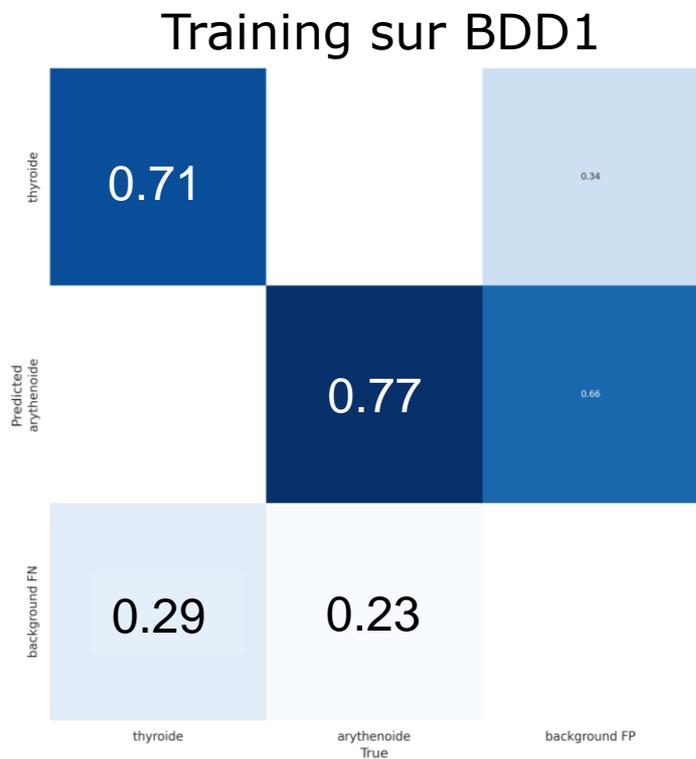
- Training sur BDD1 + BDD2





Travaux

➤ Résultats de test sur BDD3 après curation des données

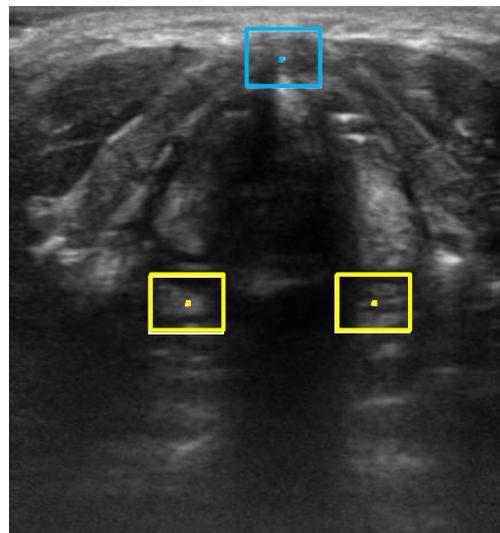
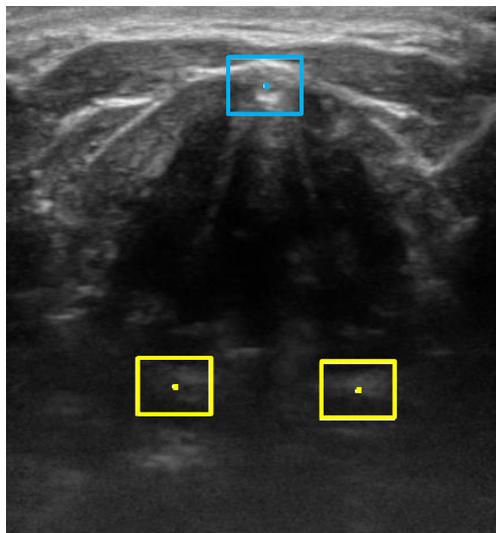




Conclusion & Perspectives

➤ Impact des données mal annotées

- Performance améliorée après la curation des données
- Etude sur les erreurs du centre de la boîte englobante annotée

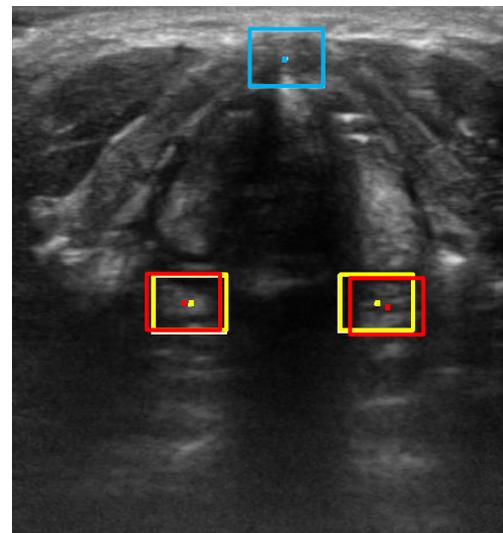
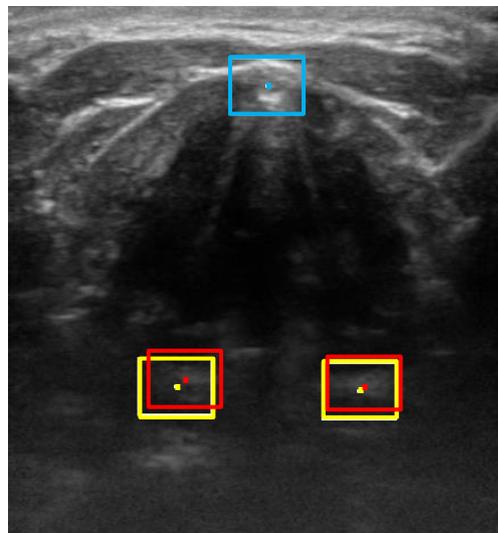




Conclusion & Perspectives

➤ Impact des données mal annotées

- Performance améliorée après la curation des données
- Etude sur les erreurs du centre de la boîte englobante annotée

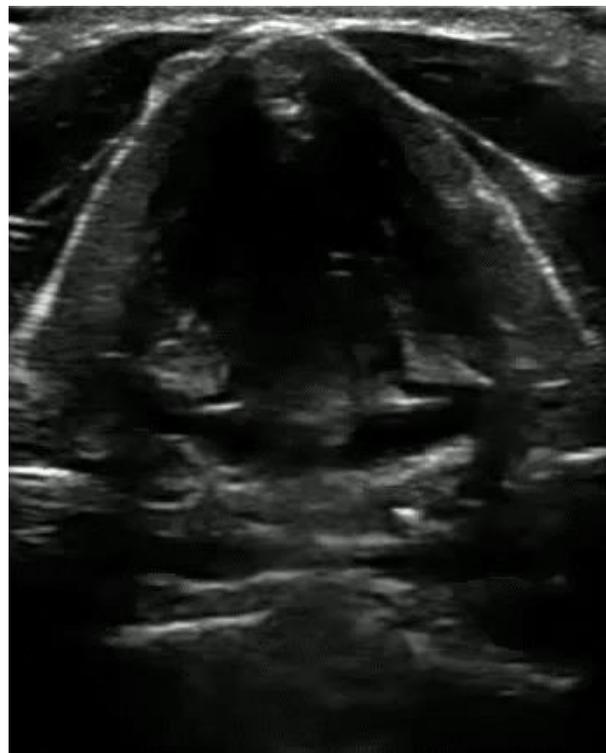




Conclusion & Perspectives

➤ Suivi du trajectoire des éléments

- Modèle entraîné sur l'ancienne base de données
- Détection des aryténoïdes sur vidéo

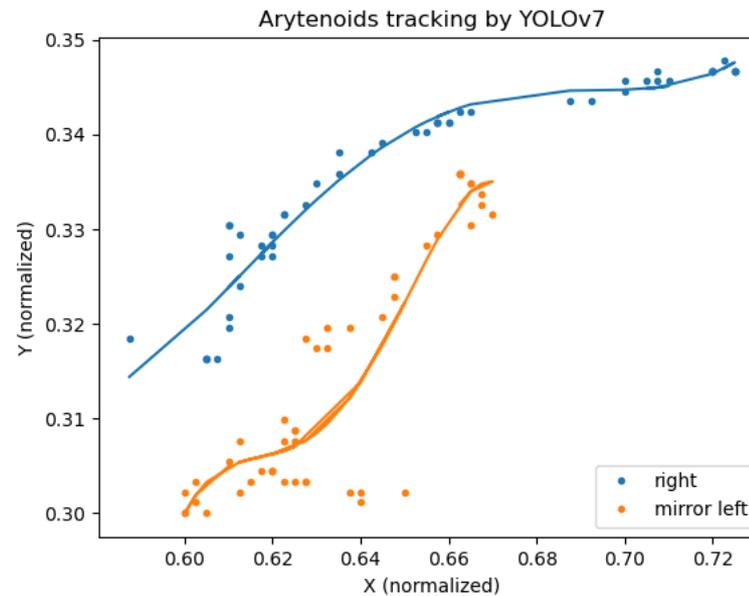




Conclusion & Perspectives

➤ Suivi du trajectoire des éléments

- Modèle entraîné sur l'ancienne base de données
- Détection des aryténoïdes sur vidéo
- Suivi du déplacement des aryténoïdes lors d'un cycle
- Automatisation du suivi



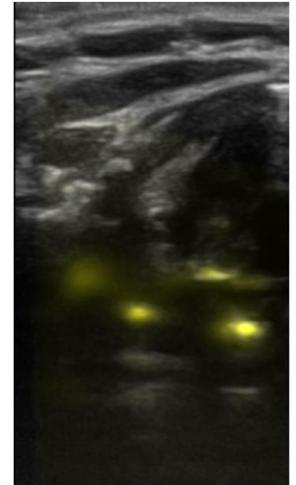
Distance euclidienne de l'aryténoïde DROIT pendant ouverture-fermeture : 30 pixels
- Les coordonnées en pixel du premier point de l'ouverture : [117.5 146.5]
- Les coordonnées en pixel du premier point de l'fermeture : [144.5 160.]

Distance euclidienne de l'aryténoïde GAUCHE pendant ouverture-fermeture : 18 pixels
- Les coordonnées en pixel du premier point de l'ouverture : [122. 140.5]
- Les coordonnées en pixel du premier point de l'fermeture : [132.5 154.5]



Conclusion & Perspectives

- **Nouveau logiciel de l'annotation (apteryx)**
 - Permettant d'avoir davantage des images annotées pendant un cycle de fermeture ou d'ouverture des cordes vocales
 - **Essai d'un autre algorithme pour comparaison**
 - Détection d'objet par régression de carte thermique
 - **Modèle biomécanique**



FIN.