

DÉTECTION DES FUITES DE MASQUES N95 PAR IA ET IMAGERIE

Problématique

- ✗ Les fuites de masques N95 diminuent fortement la protection réelle contre les aérosols.
- ✗ Les tests quantitatifs de type PortaCount fournissent un facteur de fit global, sans indiquer où se situent les fuites le long du masque.[1]
- ✗ Ces tests exigent un équipement spécialisé, un protocole normé et du personnel formé, ce qui limite leur usage routinier.
- ✗ Les évaluations visuelles restent subjectives et peu reproductibles, surtout en conditions réelles de travail.

Objectifs

Ce travail vise à développer un dispositif expérimental pour détecter et localiser des fuites de masques N95 :

- ✓ Gérer le fort déséquilibre fuite / non-fuite par une stratégie dédiée de rééchantillonnage.
- ✓ Concevoir des modèles profonds sur des séquences de patches infrarouges le long du joint.
- ✓ Évaluer la robustesse de la détection sur différentes géométries et conditions d'essai.

Méthodologie suivie

Le système repose sur une architecture en trois phases, allant de séries d'images infrarouges jusqu'à des modèles profonds équilibrés prédissant la présence, comme illustré en **Figure 1**.

Phase 1 – Préparation et structuration des données :

- Extraction des images à partir des vidéos infrarouges pour le plan et le mannequin.
- Segmentation automatique de la zone masque sur chaque image.
- Extraction de patches autour des positions de fuite et génération des métadonnées.

Phase 2 – Construction des séquences et équilibrage BLCB :

- Construction de séquences temporelles de patches via une fenêtre glissante de $T = 8$ images.
- Application d'un équilibrage bi-niveau des classes pour obtenir, pour chaque dispositif, des ensembles mieux équilibrés.

Phase 3 – Entraînement des modèles et prédiction :

- Apprentissage de modèles profonds pour la classification fuite / non-fuite au niveau du patch-séquence.
- Évaluation par région et en cross-devise (plan → mannequin et mannequin → plan).

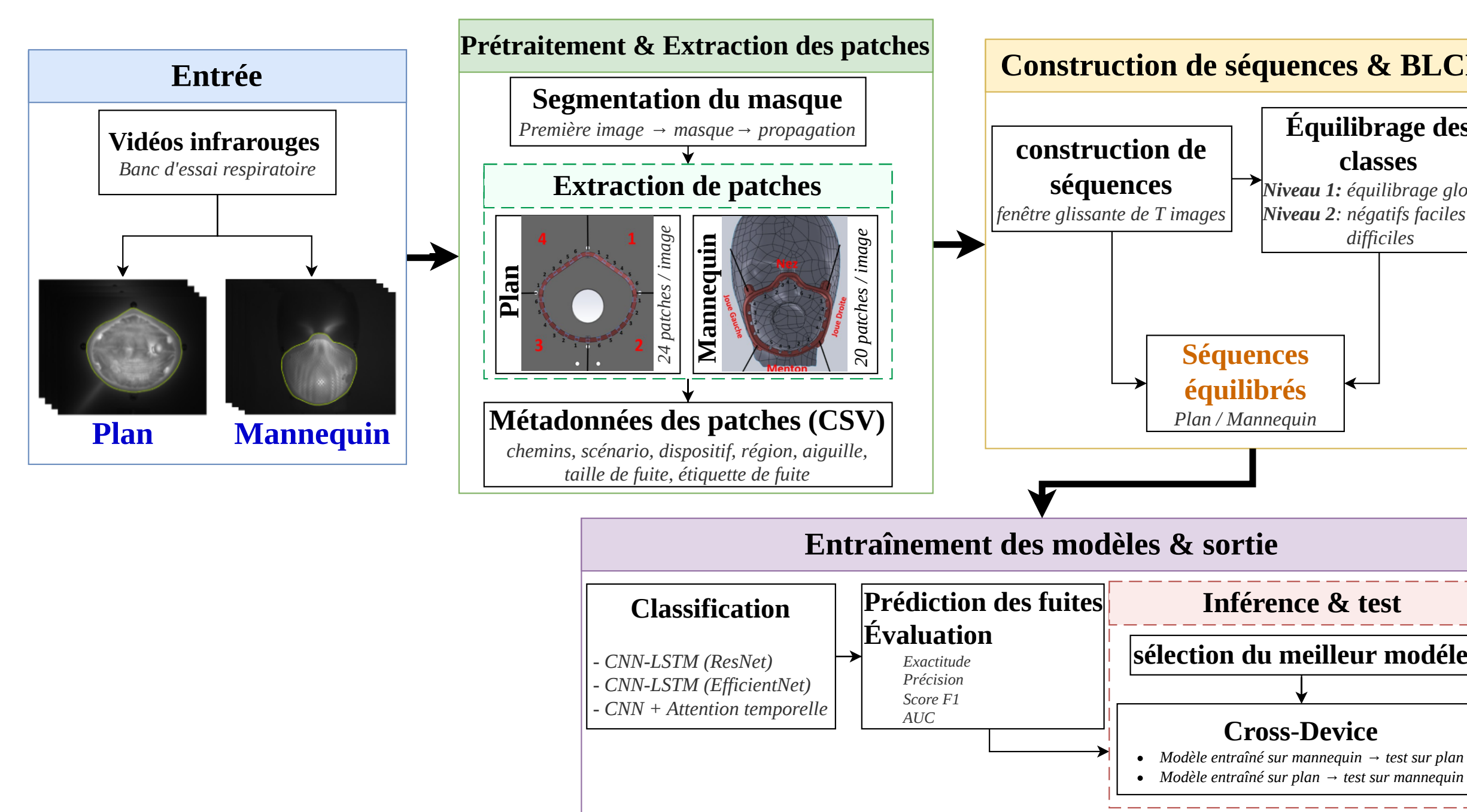


FIGURE 1 – Architecture globale du système de détection de fuite.

Bases de données

Les données exploitées dans cette étude proviennent d'une base de vidéos infrarouges de fuites de masques N95 collectée par notre équipe de recherche.

- Deux dispositifs sont considérés : un modèle plan et un mannequin statique portant un respirateur N95, avec scénarios de fuite calibrés le long du joint.
- La base comprend des vidéos avec et sans fuite, permettant d'analyser séparément différentes régions du masque.
- Cette base, décrite en détail dans Marchais *et al.*, fournit un cadre expérimental reproductible pour l'étude thermographique des fuites de respirateurs.[2]

Résultats

Le tableau 1 résume les performances du meilleur modèle (CNN + Attention).

TABLE 1 – Résultats globaux séquence-par-séquence (CNN + Attention).

Scénario d'évaluation	Accuracy	F1 score	AUC-ROC
Mannequin	95,80 %	94,80 %	97,88 %
Plan	97,47 %	96,55 %	98,45 %
Mannequin → Plan	94,90 %	94,19 %	97,86 %
Plan → Mannequin	91,82 %	90,84 %	95,83 %

Les matrices de confusion illustrent la répartition des séquences correctement classées et des erreurs (fuites manquées) pour chaque dispositif.

TABLE 2 – Matrice de confusion sur le mannequin (CNN + Attention)

Prédit	Prédit	
	Non fuite	Fuite
Réel Non fuite	95,82 %	4,18 %
Réel Fuite	3,87 %	96,13 %

TABLE 3 – Matrice de confusion sur le modèle plan (CNN + Attention)

Prédit	Prédit	
	Non fuite	Fuite
Réel Non fuite	96,78 %	3,22 %
Réel Fuite	2,89 %	97,11 %

TABLE 4 – Matrice de confusion en test Mannequin → Plan (CNN + Attention)

Prédit	Prédit	
	Non fuite	Fuite
Réel Non fuite	95,03 %	4,97 %
Réel Fuite	4,32 %	95,68 %

TABLE 5 – Matrice de confusion en test Plan → Mannequin (CNN + Attention)

Prédit	Prédit	
	Non fuite	Fuite
Réel Non fuite	93,47 %	6,53 %
Réel Fuite	7,81 %	92,19 %

Conclusion

- ✓ Le cadre proposé, fondé sur des séquences de patches IR et un modèle CNN, permet une détection des fuites de masques N95 à haut niveau de performance.
- ✓ Cette approche constitue une étape préalable vers une application en conditions réelles sur des sujets humains, où le modèle sera utilisé pour la détection des fuites en situation réelle.
- ✓ Les résultats obtenus confirment le potentiel de cette approche comme base d'un outil d'aide au fit-testing adaptable à différents contextes.

Références

- [1] H. et al. Kim. Comparisons of fit factors between two quantitative fit testers for filtering facepiece. *Annals of Work*, 2022.
- [2] Geoffrey Marchais, Barthelemy Topilko, Mohamed Arbane, Jean Brousseau, Clothilde Brochot, Yacine Yaddaden, Ali Bahloul, and Xavier Maldague. A test bench for replicating human breathing : Evaluating thermal effects of n95 filtering facepiece respirator leaks—preliminary findings. *IEEE*, 2024.