

SafeFactory

Vision par Ordinateur pour la Sécurité Industrielle

Étude de Cas - Benchmark IA

2026-01-05

frametitle

SafeFactory
Vision par Ordinateur pour la Sécurité Industrielle
Étude de Cas: Détection d'EPI en Usine Métallurgique
Benchmark IA - YOLOv10 vs Cloud Solutions

Objectifs de SafeFactory

- **Détection Temps Réel** : Casque, Gilet, Gants, Chaussures de sécurité
- **Edge Computing** : Sans dépendance Internet stable
- **Respect GDPR** : Privacy by Design, floutage facial automatique
- **Compatibilité Legacy** : Caméras anciennes en RTSP
- **Zéro Accident** : Alertes superviseurs, pas surveillance des pauses

Historique du Domaine (2018-2026)

- **2018-2020** : Surveillance manuelle ou règles simples (30-50% accuracy)
- **2020-2022** : Breakthrough YOLOv5/v7 (mAP50 ≈ 85-90%)
- **2023-2024** : YOLOv8/v9 avec Transformer backbones et Reversible Functions
- **2025-2026** : YOLOv10+ avec mAP50 98%+, face blur GDPR-natif

block body ☐ **Enjeu Clé** : Passer de “surveillance des travailleurs” à “prévention d’accidents” dans les esprits

Comparaison: Solutions Cloud (AWS, Google, Azure)

Critère	AWS	Google	Azure
mAP PPE	85%	50%	0%
Latence	150-300ms	150-500ms	200-400ms
Internet Requis	OUI	OUI	OUI
Privacy by Design	Partial	Partial	Partial

☐ ☐ **Problème**Dépendance cloud + latence réseau inacceptable pour usine métallurgique

Solution GOLD: YOLOv10 + Edge Local

block body **Performance (mAP@0.50)**

98.4%

block body **Latence**

15-30ms

block body **Internet Requis**

NON ✓

block body **Privacy GDPR**

Natif ✓

block body **Stack Technique :** NVIDIA Jetson Xavier + Python + TensorRT + OpenCV (face blur)

Architecture YOLOv10 - Détails Techniques

Innovation clé YOLOv10 : Loss function IoU + Focal Loss (gère imbalance classes: person vs EPI)

Datasets Disponibles pour Entraînement

- **SH17 :** 8,099 images, 75,994 instances, 17 classes (Mining/Construction)
- **Construction-PPE :** 1,500+ images, 11 classes, Ultralytics YOLO format ready
- **Kaggle PPE Datasets :** Diverses sources 500-5000 images

block body **Data Augmentation pour Usine Métallurgique :**

- Mosaic mixing (combine 4 images)
- HSV shift (adaptation faible luminosité, infrarouges)
- Gaussian blur (caméras legacy RTSP)
- Rotation $\pm 10^\circ$, Scale 0.5-1.5

frametitle

Risque 1: Faux Négatifs (Worker non-détecté)

Paramètre	Valeur
Probabilité	FORTE (5-10% conditions extrêmes)
Impact	CRITIQUE (accident possible)
Nature	Technique + Humain
Périmètre	Sécurité métier, responsabilité civile

block body **Mitigation :**

- ✓ Ensemble learning (YOLOv10 + YOLOv9 dual inference)
- ✓ Audit manuel 10% caméras (weekly)
- ✓ Formation supervisors (zero-tolerance policy)
- ✓ Documentation mAP 98% (shift liability to workers)

Risque 2: Violation GDPR (Identités tracées)

Paramètre	Valeur
Probabilité	FORTE (absence face blur initial)
Impact	CRITIQUE (€20M fine CNIL)
Nature	Juridique + Technologique
Périmètre	Conformité, image entreprise

block body ✓ **Mitigation via Privacy by Design :**

- Face blurring AVANT YOLOv10 inference (pas raw frames stockées)
- Logs: timestamp + zone only, NO identité (person_id=NULL)

- Rétention: 24h frames auto-delete, 90j alerts (audit CNIL)
- DPIA externe validée + DPO (Data Protection Officer) impliqué

Risque 3: Résistance Organisationnelle

Paramètre	Valeur
Probabilité	MOYENNE-FORTE (peur surveillance pauses)
Impact	MAJEUR (non-adoption, sabotage)
Nature	Humain + Organisationnel
Périmètre	RH, image, opérations

block body ✓ **Mitigation :**

- Communication: **“Objectif Zéro Accident”** (pas “Surveillance des pauses”)
- Démo technique: “Voir que pas d’identité stockée” (test live)
- Pilot 1 mois zone test (opt-in workers, feedback loop)
- Report anonyme: “4 violations zone A hier” (pas noms)

Enjeux Éthiques & Conformité GDPR

- **Base Légale :** Article 6(1)(f) GDPR - “Legitimate Interest” (safety workers)
- **Transparency :** Information workers, affichage caméras visibles
- **Data Minimization :** Seules données sécurité collectées (pas analytics)
- **Purpose Limitation :** PAS d’utilisation pour chronométrage/productivité
- **Storage Limitation :** Purge automatique (24h frames, 90j alerts)
- **Encryption :** AES-256 at rest, tamper-proof audit log

✓ Pas de “surveillance de masse” si data minimization + face blur implémenté correctement

Solution DE REPLI: AWS Rekognition Custom Labels

Avantages:

- ✓ Déploiement rapide (2-3 sem)
- ✓ Support AWS 24/7 commercial
- ✓ mAP = 85% (acceptable)
- ✓ Intégration ecosystem (SageMaker, CloudWatch)

Limitations:

- ☐☐ Latence 200-300ms (border acceptable)
- ☐☐ Dépendance Internet stable required
- ☐☐ Coûts variables (50-200€/mois)
- ☐☐ Vendor lock-in (moins flexible)

Quand l’utiliser : Budget limité infra interne, expertise DevOps insuffisante, trust AWS SLA requis

Métriques de Test & Amélioration des Modèles

- **mAP@0.50:** Average Precision à IoU threshold 0.50 (rapide, standard industry)

- **mAP@0.50:0.95:** Plus strict, détecte erreurs localization fines
- **Précision/Rappel:** TP/(TP+FP) vs TP/(TP+FN) - équilibre faux positifs/négatifs
- **F1 Score:** Harmonic mean (équilibre precision/recall = 0.85+ for production)
- **Latence/FPS:** Time per frame, target 15+ FPS (SafeFactory requirement)

block body **Anti-Overfitting Techniques :** Mosaic augmentation, MixUp (10%), L2 regularization (weight decay), Early stopping (patience=20), K-fold CV

Ressources Nécessaires (Solution GOLD: YOLOv10)

Hardware:

- NVIDIA Jetson Xavier AGX: **€2,000**
- Infrastructure réseau: **€1,000**
- Storage SSD + UPS: **€600**

Logiciels (Année 1):

- Développement: **€13-25k**
- Data labeling: **€2-5k**
- Test/certification: **€3-5k**

block body **Coûts Annuels Exploitation:** Électricité (€1-1.5k) + Maintenance (€0.5-1k) = **€4.5k/an**

Breakeven vs AWS: 2 ans (après quoi YOLOv10 = €4.5k/an vs AWS €24-50k/an)

Perspectives Futures (2027-2030)

- **Multi-Camera Tracking:** Associer worker across zones (privacy-preserving ID)
- **Action Recognition:** Comprendre tâche (climbing = always helmet required)
- **Thermal Integration:** Infrared + YOLOv10 fusion (low-light guarantee)
- **Wearable Sensors:** Fall detection (accelerometer) + AI confirmation (multi-modal)
- **Federated Learning:** Model updates WITHOUT data leaving site (ultra-privacy)
- **Autonomous Edge:** YOLOv15+ sur ARM devices (no GPU needed)

Plan de Convaincre les Parties Prenantes

- **Direction :** “Zéro Accident = moins coûts assurance + responsabilité réduite”
- **Supervisors :** Démo technique “Voir que system 0 identité” (test live)
- **Syndicalistes :** Garantie juridique “GDPR audit externe, DPO, policy transparente”
- **Équipes IT :** Pilot 1 mois zone test volontaire (proof of concept local)
- **Tous :** Itération continue feedback workers → ajustements config (co-design)

Messaging clé : “Objectif Zéro Accident” (jamais “surveillance des pauses”)

frametitle

Synthèse & Recommandation

□ **SOLUTION GOLD: YOLOv10 + Edge Local**

% mAP | 15ms latency | Privacy GDPR | €3.6k capital

□□ **SOLUTION REPLI: AWS Rekognition**

% mAP | Support AWS | Dépend Internet | Coûts variables