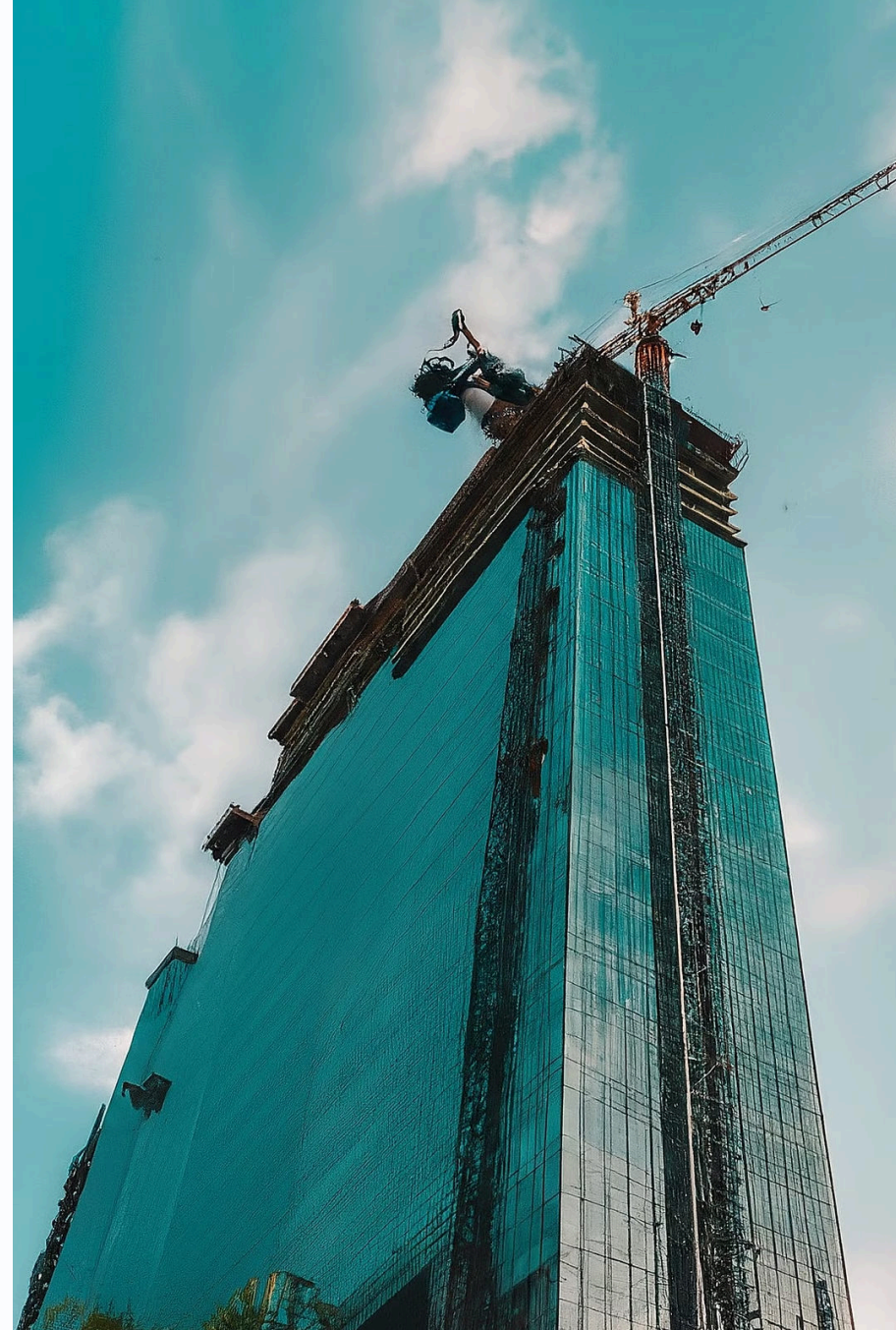


# Perspectives de la vision par ordinateur dans la construction

Le domaine de la vision par ordinateur présente un grand potentiel pour l'industrie de la construction. Il permet des applications révolutionnaires comme la modélisation 3D des projets, la surveillance des chantiers et la gestion des ressources.

**MA** by Mario Deshaies







## Background

L'industrie de la construction est l'une des plus dangereuses, avec un taux élevé de blessures sur les chantiers et d'accidents mortels.

Des preuves suggèrent qu'il y a environ 61 000 blessures non mortelles enregistrées chaque année dans le secteur de la construction au Royaume-Uni [1].

L'industrie de la construction connaît en moyenne 41 décès par an et environ 81 000 problèmes de santé liés au travail par an dus aux risques en matière de santé et de sécurité [1].

De plus, il y a eu environ 59 000 blessures non mortelles en moyenne au cours des années 2019 à 2022 et 30 décès d'ouvriers du bâtiment en 2021-2022.

On estime également qu'environ 78 000 travailleurs du secteur de la construction souffrent de maladies liées au travail [2].

Le taux élevé d'accidents est dû à la nature dynamique des chantiers de construction où divers équipements et ouvriers interagissent de différentes manières. On a soutenu que le taux élevé d'accidents dans l'industrie de la construction constitue un obstacle majeur à la performance des projets, entraînant une érosion des marges, des retards, des dépassements de coûts et une perte de productivité (Abas et al., 2020).



 LinkedInEditors



### Perspective de la recherche sur la vision par ordinateur

Perspective générale de la recherche sur la vision par ordinateur et l'IdO (Internet des Objets) pour la gestion de la santé et de la...

# Perspective de la recherche sur la vision par ordinateur

## Objectif de la revue systématique

Évaluation de la littérature existante sur les risques en matière de santé et de sécurité sur les chantiers de construction.

## Résultats clés

La vision par ordinateur et l'Internet des objets (IoT) sont les technologies prédominantes utilisées pour la gestion de la santé et de la sécurité, avec la vision par ordinateur en tête en raison de son approche de collecte de données non intrusive.

## Conclusion

L'adoption de la vision par ordinateur présente le potentiel de prévenir les risques en matière de santé et de sécurité et de réduire les blessures sur les chantiers de construction.

## ☐ RÉSUMÉ

**Objectif :** Cette revue systématique vise à évaluer et à synthétiser la littérature existante sur les risques en matière de santé et de sécurité sur les chantiers de construction.

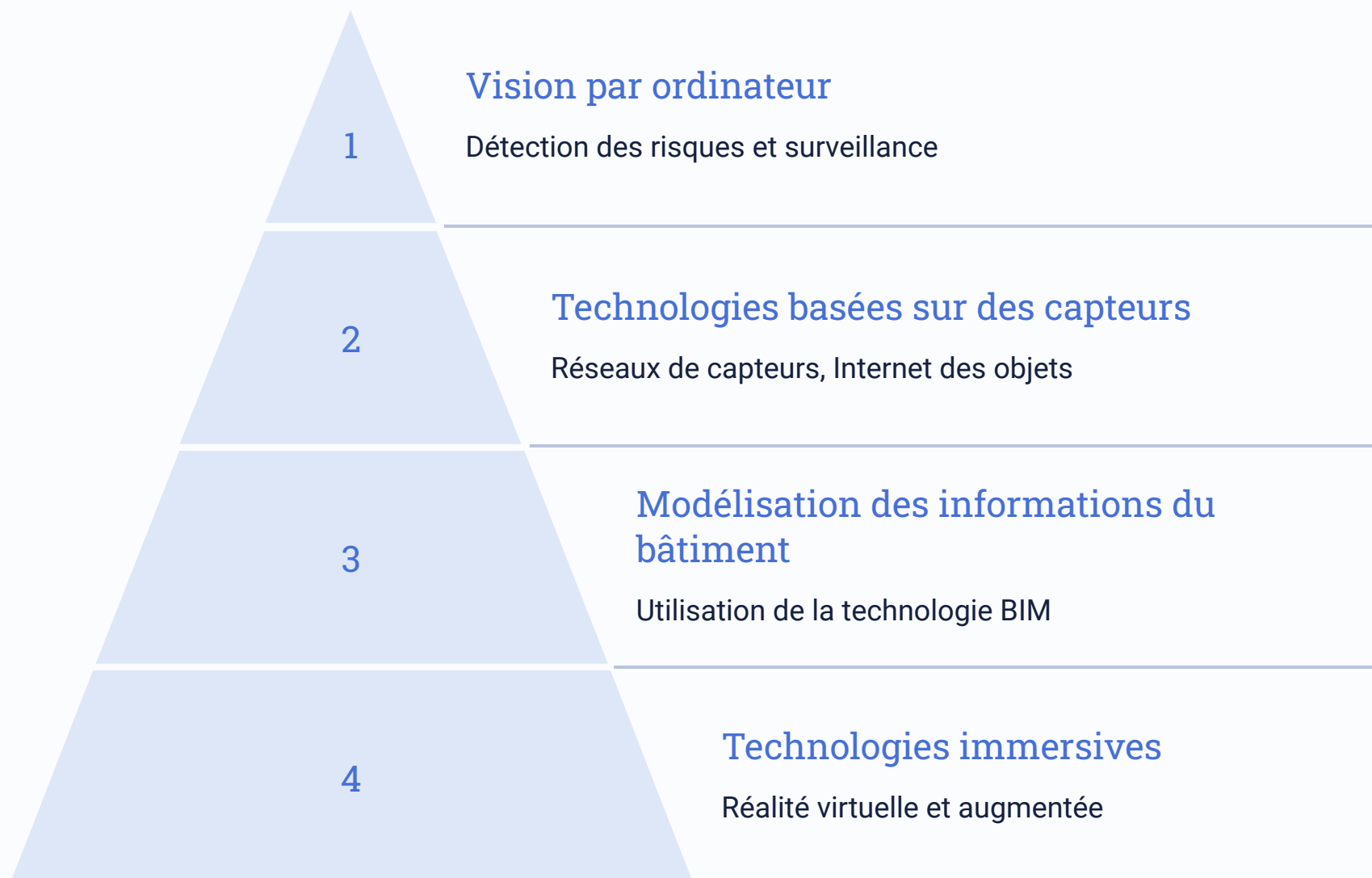
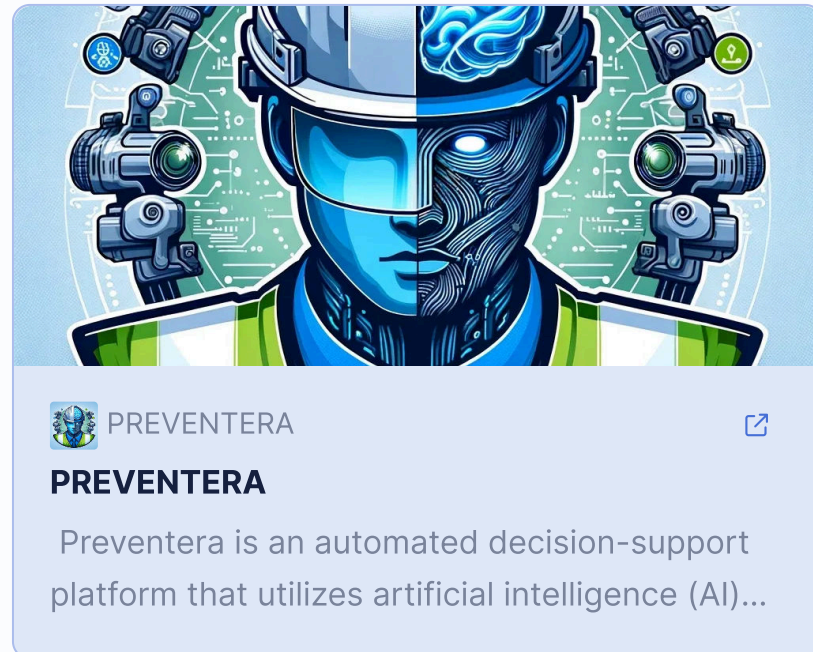
**Méthodes :** Les chercheurs ont effectué une recherche complète d'articles de recherche publiés entre 2013 et 2021 à l'aide de bases de données telles que Science Direct, SCOPUS et Web of Science. À partir d'un ensemble initial de 350 articles de recherche, les chercheurs ont soigneusement éliminé les doublons et effectué une analyse détaillée des résumés et des textes intégraux. Leur focalisation portait sur des thèmes tels que la santé, la sécurité, les risques, les aspects comportementaux, la santé et la sécurité sur le site, ainsi que les technologies numériques, ce qui a abouti à l'inclusion de 66 études pertinentes.

**Résultats :** Les résultats indiquent que la vision par ordinateur et l'Internet des objets (IoT) sont les technologies prédominantes utilisées pour la gestion de la santé et de la sécurité. Une évaluation comparative de ces technologies révèle la domination de la vision par ordinateur en raison de son approche de collecte de données non intrusive. Cette caractéristique facilite la mise à l'échelle de la vision par ordinateur tout en reconnaissant les compromis en termes de coûts et de temps de développement.

L'adoption de la vision par ordinateur présente le potentiel de prévenir les risques en matière de santé et de sécurité et de réduire les blessures sur les chantiers de construction.

**Conclusion :** La vision par ordinateur s'impose comme un choix supérieur par rapport à l'Internet des objets (IoT) en termes de détection non intrusive des risques sur le site de construction. Elle présente des avantages en termes de précision de prédiction, de surveillance en temps réel des données et de développement de modèles pour l'analyse de la santé et de la sécurité sur le site de construction.

# Choix des technologies pour la gestion de la santé et de la sécurité



Un grand corpus de connaissances montre que des avancées notables ont été faites en matière de technologies numériques pour minimiser les risques sur les chantiers de construction. Les tendances émergentes incluent la vision par ordinateur, les capteurs, la modélisation des informations du bâtiment et les technologies immersives. Le choix de la technologie appropriée nécessite une compréhension approfondie et une évaluation minutieuse des besoins et des particularités de chaque chantier.

## ✔ Résultats et discussions

Les technologies de l'Internet des objets (IoT), de la réalité augmentée (AR) et de la modélisation des informations du bâtiment (BIM) sont les principales technologies adoptées pour la gestion de la santé et de la sécurité dans le secteur de la construction. **Cependant, la vision par ordinateur et l'IoT se sont démarquées comme les technologies les plus adoptées dans les articles.** En conséquence, un examen critique a été mené pour explorer les particularités de ces deux technologies en mettant l'accent sur leurs domaines de force en matière de gestion de la santé et de la sécurité, ainsi que sur les domaines offrant des opportunités de recherche.



# Détection des Risques de Sécurité

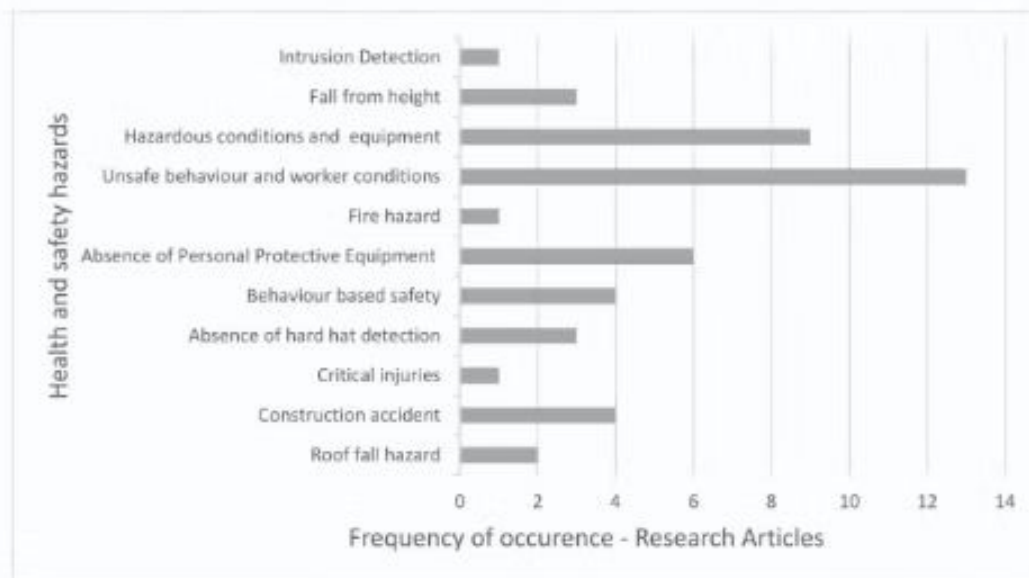


Fig. 5. Safety hazards addressed in the research articles.

❗ **Fig. 5 révèle les dangers liés à la santé et à la sécurité abordés dans les articles de recherche.** Les cinq principaux risques liés à la sécurité traités avec les technologies numériques dans la revue systématique de la littérature comprennent le comportement dangereux et les conditions de travail des ouvriers, les conditions dangereuses et l'équipement, l'absence d'équipement de protection individuelle (EPI), la sécurité basée sur le comportement et les accidents de construction.

## Comportement dangereux et conditions de travail des ouvriers

Les technologies numériques abordent les comportements dangereux et les conditions de travail précaires des ouvriers sur les chantiers.

Elles offrent des solutions permettant d'analyser et d'améliorer ces aspects pour garantir la sécurité.

## Conditions dangereuses et l'équipement

L'identification des conditions dangereuses et la surveillance de l'équipement sur le terrain sont des priorités pour assurer la sécurité.

## Absence d'équipement de protection individuelle (EPI)

La détection des situations où l'EPI est absent est essentielle pour prévenir les risques pour la santé et la sécurité des travailleurs.

## Sécurité basée sur le comportement et les accidents de construction

Les technologies numériques peuvent contribuer à évaluer le comportement pour promouvoir une culture de sécurité et réduire les risques d'accidents de construction.



# Vision par ordinateur pour la santé et la sécurité sur les chantiers de construction

1

## Détection d'objets et de leurs relations

La vision par ordinateur peut détecter des objets et leurs relations spécifiques sur un chantier de construction.

2

## Surveillance du mouvement des objets

Elle est capable de suivre le mouvement des objets et de comprendre les actions des personnes et de l'équipement sur un chantier de construction.

3

## Identification des informations sans étiquette matérielle

La vision par ordinateur a la capacité d'identifier les informations de plusieurs objets à partir de chantiers de construction complexes sans besoin d'étiquettes matérielles.

### 3.1. Vision par ordinateur pour la santé et la sécurité sur les chantiers de construction

La vision par ordinateur est **renommée pour résoudre les problèmes liés à la santé et à la sécurité sur les chantiers de construction en raison de sa capacité à automatiser les tâches à l'aide d'approches non intrusives** visant à reproduire le système visuel humain (Seo et al., 2015).

La vision par ordinateur **peut détecter des objets et leurs relations spécifiques, suivre le mouvement des objets et comprendre les actions des personnes et de l'équipement sur un chantier de construction** (Yang et al., 2016).

Une grande force de la vision par ordinateur pour la santé et la sécurité sur site réside dans sa capacité à identifier les informations de plusieurs objets à partir de sites de construction complexes et dynamiques sans avoir besoin d'une étiquette matérielle.

La vision par ordinateur détecte, reconnaît et suit le mouvement des objets et les interactions entre eux à l'aide d'images en mouvement capturées par une caméra [13]. Il a été soutenu que ces **capacités en tant que fondements des technologies de vision par ordinateur sont pertinentes pour l'analyse de la santé et de la sécurité sur site afin de déterminer les conditions dangereuses et les risques** sur les chantiers de construction. Étant donné que les objets suivis, leurs catégories, leurs emplacements et leurs interactions peuvent être surveillés pour isoler les préoccupations en matière de sécurité à l'aide d'images (Saluser et al., 2016).

# Choix des technologies pour la gestion de la santé et de la sécurité



The infographic is a complex, multi-layered diagram centered around 'RISK MANAGEMENT' and 'DATA ON SAFETY'. It features various icons and text boxes representing different stages and components of risk management, such as 'IDENTIFICATION', 'ASSESSMENT', 'CONTROL', and 'EVALUATION'. The diagram is set against a light blue background with a grid pattern.

 PREVENTERA 

**La Révolution SMART dans la Gestion des Risques SST**

La Révolution SMART dans la Gestion des Risques SST par Preventera

## Intégration de la vision par ordinateur et de l'ontologie

Comblent l'écart sémantique pour une meilleure compréhension.

## Outils de développement d'ontologies

Accélèrent le processus de validation de la représentation de la connaissance.

## Représentation de la connaissance

Permet le partage d'une compréhension commune.

## Combinaison de la vision par ordinateur et de l'ontologie

Classification et extraction d'attributs des objets détectés.

- ❏ Une tendance récente dans la gestion de la santé et de la sécurité sur site est **l'intégration de la vision par ordinateur avec une ontologie pour combler l'écart sémantique** [14-16]. Une ontologie est une description précise d'un domaine de connaissance, de ses entités et des relations entre les entités [17,18].

Les ontologies fournissent la représentation de la connaissance d'un domaine spécifique et permettent le partage d'une compréhension commune de la connaissance [19,20].

**Les outils de développement d'ontologies accélèrent le processus de validation de la représentation de la connaissance.** Parmi ces outils, citons la bibliothèque d'ontologies Protégé [21,22], *l'ontologie supérieure de la norme IEEE* [23], *l'UMLS Semantic Net* [24], *la Gene Ontology* [25], etc.

**La combinaison de la vision par ordinateur et de l'ontologie permet la classification et l'extraction d'attributs des objets détectés.** Certaines applications courantes comprennent l'ontologie pour la classification des images et des vidéos [26,35,70,44].

Pendant ce temps, **la modélisation de la segmentation sémantique des images est un défi dans la détection et la classification d'objets** [27,28]. **La combinaison de la segmentation sémantique basée sur l'ontologie avec la détection d'objets et la segmentation d'images** permet d'obtenir une segmentation spatiale pour les objets de sécurité sur site [16].



**Ontologies OWL pour la Gestion des Connaissances en SST**

Les ontologies OWL permettent de structurer et formaliser les connaissances liées à la santé et sécurité au travail pour une meilleure gestion et un partage facilité au sein d'une organisation.

[Découvrir les Ontologies OWL](#) [Contactez nos Experts](#)

 PREVENTERA 

**Ontologies OWL pour la Gestion des Connaissances en ...**

Exploring the Intersection of Artificial Intelligence and various sectors reveals the ethical, economic, and practical implications...

# Internet des objets (IoT) pour la santé et la sécurité dans la construction

## Architecture de l'IoT

L'interopérabilité basée sur le web sémantique offre une interopérabilité entre les capteurs.

## Collecte de données

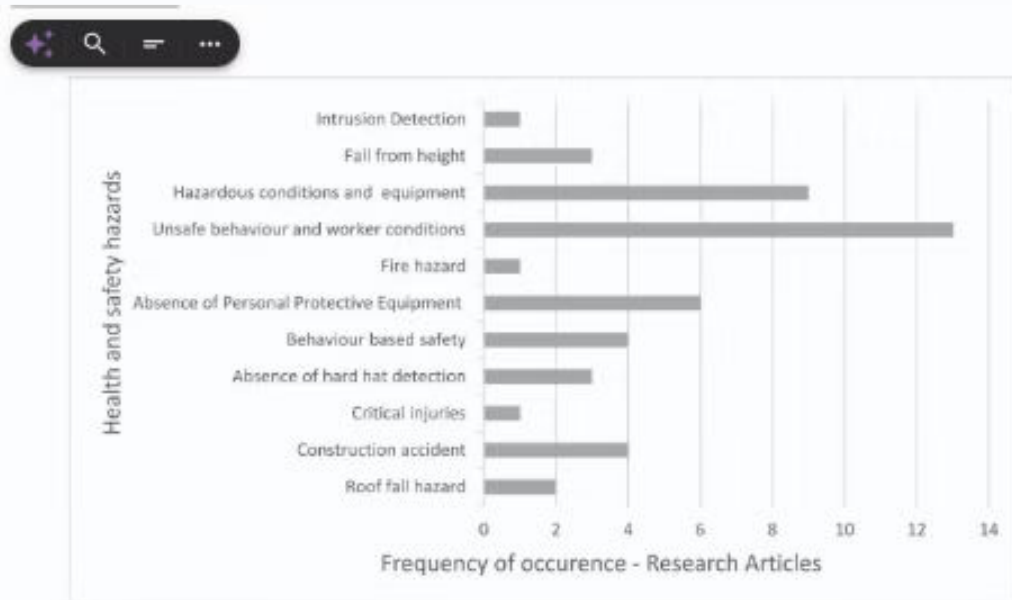
Les dispositifs IoT collectent des données pour des décisions éclairées sur les chantiers de construction.

## Sécurité des données

Les capteurs IoT nécessitent une gestion de l'identité et de l'authentification pour détecter les activités malveillantes.

## Aide à la santé et sécurité

Les dispositifs connectés à l'IoT détectent les accidents et les dangers liés à la sécurité sur les chantiers.



**Fig. 5.** Safety hazards addressed in the research articles.

# Internet des objets (IoT) pour la santé et la sécurité dans la construction

- **Meilleur suivi de l'équipement:** Analyse des conditions dangereuses sur le site.
- **Surveillance à distance du site:** Reconnaissance faciale, RFID, capteurs, dispositifs portables.
- **Prévention des accidents:** Gestion de l'équipement dangereux, surveillance en temps réel.

✔ **Selon une enquête de KPMG, 95 % des organisations de construction concluent que l'adoption de technologies numériques telles que l'IoT dans l'industrie de la construction aura un impact sur la rentabilité des processus commerciaux [47].**

# Comparaison de la vision par ordinateur et de l'Internet des objets (IoT)

Un défi majeur dans l'adoption et la mise en œuvre des technologies pour la santé et la sécurité sur site consiste à déterminer les capacités et la pertinence des technologies numériques.

Il est donc important d'établir une comparaison entre l'IoT et la vision par ordinateur en utilisant des critères d'évaluation.

Une comparaison selon divers critères, tels que l'approche de mise en œuvre, la précision de la détection des risques pour la santé et la sécurité, le type de risques pour la sécurité, les techniques et les principales limitations, est présentée dans le Tableau 1.





**Table 1**

The performance measure of the comparison of Computer Vision and Internet of Things.

S.no	Evaluative metric	Internet of Things (IoT)	Computer Vision (CV)
1	Implementation approach	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dependent of the number of connections and hardware devices</li> <li>- Sensor data required.</li> <li>- IoT implementation requires more effort to scale</li> <li>- Require active component connectivity using Wi-Fi, bluetooth, cellular, RFID</li> <li>- Employs intrusive sensors</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dependent on the nature of data and approach of information visualization</li> <li>- Images and video data required.</li> <li>- Computer vision requires less effort to scale.</li> <li>- Dependent on image capture and model capabilities</li> <li>- Non-intrusive sensors</li> </ul>
2	Health and safety hazard detection accuracy	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 65% detection of smoke detector and air quality monitoring for confined spaces.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 88% detection of unsafe action in the videos [49]</li> <li>- 85% Vision based activity recognition [50]</li> <li>- 87.45% Worker and equipment detection (S-C [51]).</li> <li>- 86% workers unsafe behaviour [52]</li> <li>- 93% workers proximity detection [53]</li> </ul>
3	Safety hazards type	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Personal Protective Equipment (PPE)</li> <li>- Fire hazard</li> <li>- Intrusion detection</li> <li>- Accident prevention</li> <li>- Safety monitoring and compliance</li> <li>- Hazardous condition and equipment</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Roof fall hazard</li> <li>- Critical injuries</li> <li>- Fire Hazard</li> <li>- Intrusion Detection</li> <li>- Unsafe behaviour and worker condition</li> <li>- Accident prevention</li> <li>- Hazardous condition and equipment</li> <li>- Construction quality and safety</li> <li>- Behaviour based safety.</li> <li>- Falls from height.</li> <li>- Hardhat and Helmet detection</li> <li>- Personal Protective Equipment (PPE)</li> <li>- Health and safety monitoring and compliance</li> <li>- Construction accident</li> </ul>
4	Techniques	<ul style="list-style-type: none"> <li>- RFID for intrusion detection [36]</li> <li>- Optical sensors for smoke detection and monitor air quality [13]</li> <li>- Fubione method to detect hazardous equipment [54]</li> <li>- Heinrich's domino theory to measure the perspectives of the cause of accident [55]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Naive Bayes provides better performance for prediction modelling and robustness to measure the accident severity (Eds et al., 2021).</li> <li>- Text segmentation to identify the safety risk factors (Mariner et al., 2018)</li> <li>- Fast R-CNN accurately object identification for the location of the tracked object (Eddle et al., 2017)</li> <li>- Position probability grid to model worker location and movement (Anjam et al., 2020)</li> <li>- CNN to measure workers activity (Mack et al., 2018; Vanesse, 2019)</li> <li>- Ontological model for detection of fall from height [56]</li> <li>- Bounding box image classification (Wang et al., 2021)</li> </ul>
5	Key limitations	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lack of subsystem integration (Baker et al., 2020)</li> <li>- Fixed sensor for each PPE tool result in faulty alarm and the Wi-Fi module is not an energy saver option [57]</li> <li>- Lack of calculation of time and quality in construction projects [58]</li> <li>- Inadequacy of video interface in the fire monitoring system [52]</li> <li>- Identification of restricted zones for accident prevention using image processing techniques [59]</li> <li>- Lack of worker's understanding of personal protective equipment (Moezanneh et al., 2018)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requires expertise with training of model.</li> <li>- Inaccurate feature extraction due to shape of hard hat [60]</li> <li>- Reduction in computation power [55]</li> <li>- Lack of regulation of workers wearing helmets on risk sites [61]</li> <li>- Low video resolution for object detection [13,54]</li> <li>- Lack of sub-system integration [62]</li> <li>- Lack of noise cancellation feature [59,63]</li> <li>- Lack of identification of danger zones (M [51]).</li> <li>- Lack of prediction and interpretation for ML models such as support vector machines and artificial neural network [64]</li> </ul>

The performance measure of the comparison of Computer Vision and Internet of Things

## Vision par ordinateur. Précision de la détection des risques pour la santé et la sécurité :

- 88% detection of unsafe action in the videos [49]

- 85% Vision based activity recognition [50]

- 87.45% Worker and equipment detection (S.-C [51].

- 86% workers unsafe behaviour [52]

- 93% workers proximity detection [53]

- Risque de chute du toit
- Blessures critiques
- Risque d'incendie
- Détection d'intrusion
- Comportement non sécuritaire et état des travailleurs
- Prévention des accidents
- Conditions et équipements dangereux
- Qualité et sécurité de la construction
- Sécurité basée sur le comportement.
- Chutes de hauteur.
- Détection de casque de protection et de casque
- Équipement de protection individuelle (EPI)
- Surveillance de la santé et de la sécurité et conformité



# Risques pour la santé et la sécurité sur les chantiers de construction



## Risques sur le chantier

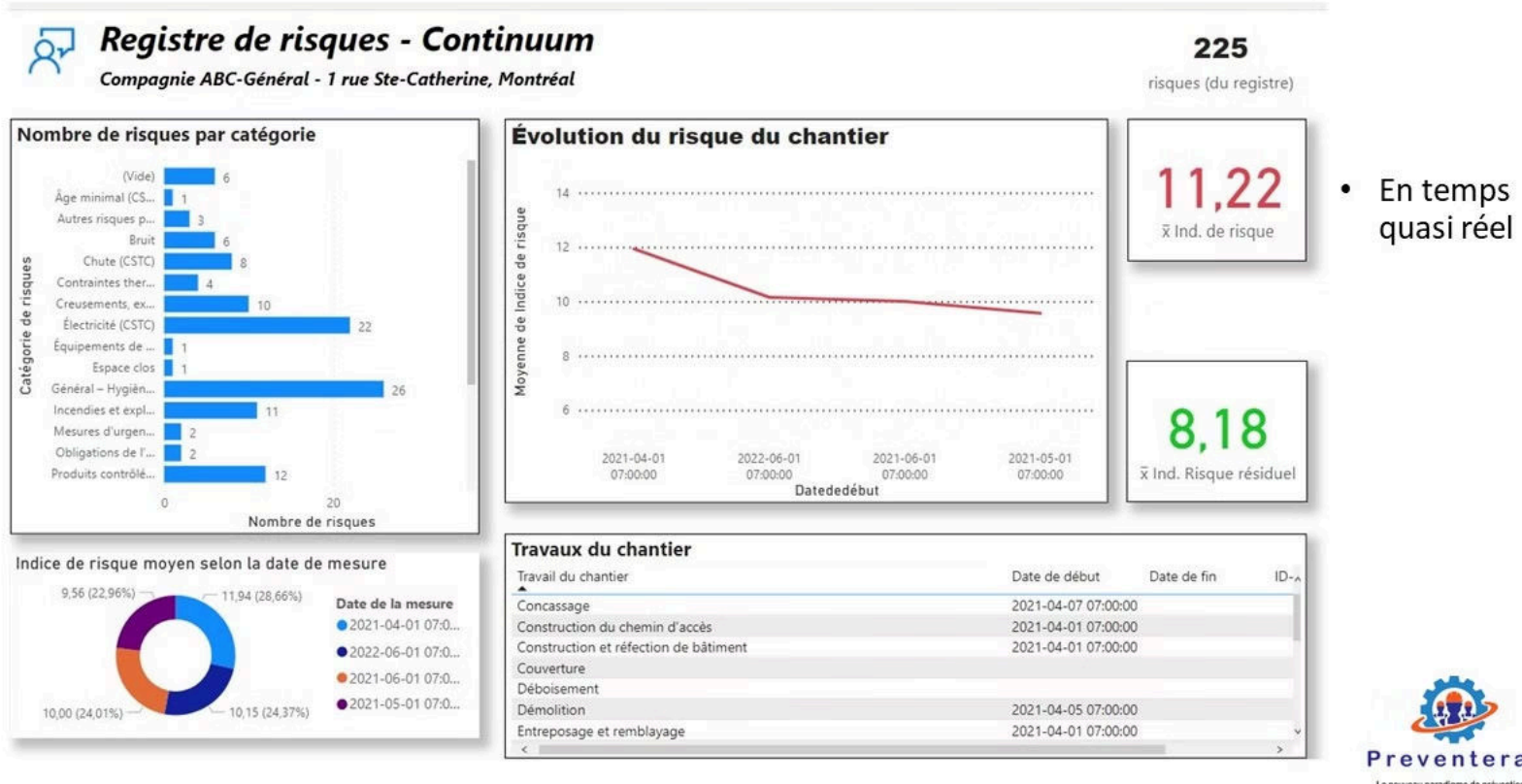
Les ouvriers travaillant dans des conditions dangereuses, exposés à des risques de chute et d'accident.



## Détection de Risques

L'utilisation de technologies avancées telles que la RFID, les capteurs optiques et les modèles basés sur l'IA pour identifier les risques liés à la sécurité.

## Mesure de l'impact et l'efficacité des mesures de prévention et de contrôle



Selon le Tableau 1,

les techniques identifiées pour détecter les risques pour la santé et la sécurité comprennent la RFID, les capteurs optiques, la théorie des dominos de Henrich, le Fast R-CNN, le Bayésien naïf, la classification d'images de boîtes englobantes, entre autres.

- **Le Naïve Bayes** offre de meilleures performances pour la modélisation des prédictions et une robustesse accrue pour mesurer la gravité des accidents (Eds et al., 2021).
- **La segmentation de texte** pour identifier les facteurs de risque en matière de sécurité (Martuser et al., 2018).
- **Fast R-CNN** permet une identification précise des objets pour déterminer la position de l'objet suivi (Edde et al., 2017).
- **La grille de probabilité de position** pour modéliser la localisation et les mouvements des travailleurs (Anjum et al., 2020).
- Le **CNN** pour mesurer l'activité des travailleurs (Mark et al., 2018 ; Vanesse, 2019).
- **Modèle ontologique** pour la détection des chutes de hauteur [56].
- **Classification d'images par boîte englobante** (Wang et al., 2021).

**Table 1**  
The effectiveness of various methods for detecting and preventing workplace accidents

Year	Method or Author	Technique
2021	Wang et al.	Image classification using deep learning (CNN) for object detection in safety-critical environments.
2020	Anjum et al.	Position probability grid for modeling worker movement and location.
2018	Mark et al.	Convolutional Neural Network (CNN) for measuring worker activity.
2017	Edde et al.	Fast R-CNN for precise object identification in safety monitoring.
2016	Eds et al.	Naïve Bayes for improved prediction accuracy and robustness in accident severity measurement.
2015	Martuser et al.	Text segmentation for identifying safety risk factors.
2014	Vanesse	Convolutional Neural Network (CNN) for measuring worker activity.
2013	Henrich	Theory of dominoes for accident causation analysis.
2012	Edde et al.	Fast R-CNN for precise object identification in safety monitoring.
2011	Wang et al.	Image classification using deep learning (CNN) for object detection in safety-critical environments.

# Extraction de données des caméras de surveillance sur site

## Précision accrue

Les caméras de surveillance offrent une prédiction plus précise de la santé et de la sécurité sur site.

## Solutions pour les chantiers confinés

L'utilisation des caméras de surveillance offre une meilleure solution pour les chantiers de construction confinés.

## Niveau supérieur de prédiction

Les données extraites des caméras fournissent un niveau plus élevé de précision dans la prédiction des risques sur site.

Par conséquent, le Tableau 2 présente l'identification des risques pour la santé et la sécurité dans les technologies numériques utilisant l'Internet des objets (IoT) et la vision par ordinateur (CV). Le Tableau 2 montre l'identification des risques pour la santé et la sécurité dans la vision par ordinateur et l'Internet des objets.

Les numéros internes dans le tableau indiquent l'identification du type de risques pour la santé et la sécurité par rapport à la technologie numérique, c'est-à-dire la vision par ordinateur et l'Internet des objets dans la littérature.

**Table 2**  
Literature - The health and safety hazard types in Computer Vision and Internet of Things.

	Roof fall hazard	Construction accident	Critical Injuries	Absence of Hardhat	Behaviour Based Safety	Absence of Personal Protective Equipment (PPE)	Fire Hazard	Intrusion Detection	Unsafe behaviour and worker condition	Hazardous Conditions and Equipment	Fall from height
Computer Vision	3	1	1	3	5	1		1	14	6	5
Internet of Things						2	1	1		3	

**i** **La vision par ordinateur performe mieux en matière de risques pour la santé et la sécurité ; l'extraction des données est réalisée à partir des caméras de surveillance sur site, ce qui fournit une meilleure solution pour les chantiers de construction confinés et permet d'obtenir un niveau plus élevé de précision dans la prédiction de la santé et de la sécurité sur site.**



# Précision de l'identification des risques pour la santé et la sécurité

6.5 What is Embedded Analytics?

Embedded analytics, or embedded business intelligence (BI), is the integration of

Reports

Dashboards

Data visualizations and other powerful BI capabilities inside a business application or web portal.

**Registre de risques - Continuum**  
Compagnie ABC-Général - 1 rue De Colombie, Montréal

225 Risques au rapport

11,22 End de Risque

8,18 End Mesure

PREVENTERA

## La Nature Dynamique du Risque en Santé et Sécurité au...

La Nature Dynamique du Risque en Santé et Sécurité au Travail : Défis et Limites des Méthodes d'Analyse Traditionnelles

The information is typically displayed and managed by a BI platform and is placed directly within the application or product's user interface to improve data usability and decision making. It provides users with the information and insights they want and need in a way that they are already familiar with.



## Surveillance en temps réel

Les chantiers de construction sont surveillés en temps réel pour détecter les comportements dangereux et protéger les travailleurs des blessures et des accidents mortels.



## Fiabilité Inter-Observateurs (IOR)

L'utilisation de la fiabilité inter-observateurs a permis d'améliorer la sécurité basée sur le comportement sur les chantiers de construction, avec une performance de sécurité de 94%.

① En 2014, Choudhry a estimé qu'en utilisant la fiabilité inter-observateurs (IOR) avec une performance de sécurité de 94 %, il était possible d'améliorer la sécurité basée sur le comportement sur les chantiers de construction.

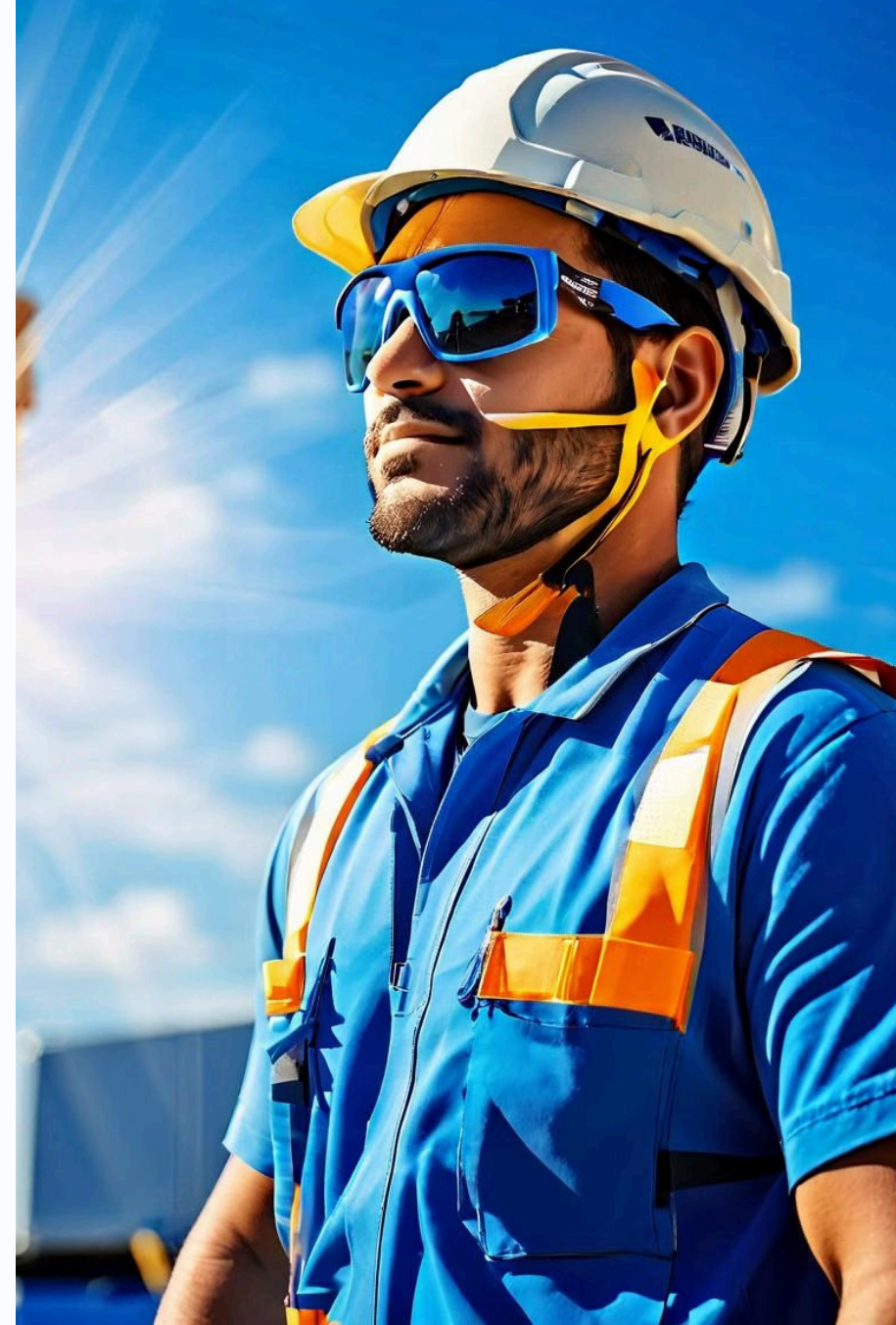
① De plus, Wang et al., en 2019, ont employé un modèle de détection basé sur Faster RCNN pour obtenir une **précision de 93 % dans la détection des travailleurs et de l'équipement sur le chantier de construction** et une précision de 87 % grâce aux relations spatiales et temporelles pour la sécurité des travailleurs sur le site.

**Récemment, en 2021, Wu et al. ont obtenu une précision de 75 % et un rappel de 90 % sur la relation spatiale des images et des vidéos sur les chantiers de construction à l'aide de la vision par ordinateur** avec un raisonnement sémantique. De plus, les comportements dangereux, y compris les chutes de hauteur, peuvent être prédits à l'aide de la vision par ordinateur et d'échafaudages mobiles.

# Détection en temps réel des Équipements de Protection Individuelle (EPI)

La détection des Équipements de Protection Individuelle (EPI) en temps réel est cruciale pour protéger les travailleurs sur site. Les techniques de vision par ordinateur et d'apprentissage profond atteignent une précision de 90% et une valeur de rappel de 93%.

Une étude a montré qu'un comportement dangereux, tel que retirer le casque de sécurité, peut être détecté avec une précision de 96% par un modèle de vision par ordinateur. De plus, d'autres modèles atteignent des précisions allant jusqu'à 97%.



① Les techniques de vision par ordinateur et d'apprentissage profond permettent de détecter les EPI pour l'analyse de la santé et de la sécurité sur le site. Dans cette optique, **une étude a classé comme un comportement dangereux le fait pour un travailleur de retirer son casque de sécurité sur un chantier de construction. La robustesse du modèle YOLO formé a atteint une précision de 96 %**, ce qui valide les performances des EPI des travailleurs sur le site. Le modèle a été testé sur des images et des vidéos formées, ce qui a validé les performances de l'algorithme.

# Surveillance de la relation spatiale sur le chantier de construction



## Surveillance en temps réel

Surveillance continue pour détecter les mouvements spatiaux critiques.



## Risques de chute de toit

Détection des risques de chute de toit avec précision.



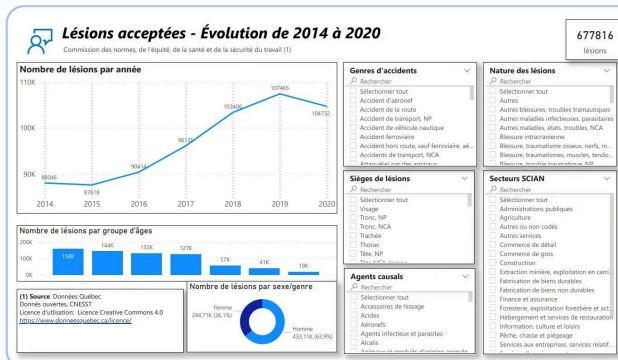
## Mesures de sécurité

Mise en place de mesures pour réduire les risques potentiels.



## Prévention des risques

Utilisation de vision par ordinateur pour réduire la probabilité des risques.



PREVENTERA

## Comment l'IA peut-elle anticiper les risques potentiels ?

Comment l'IA peut-elle anticiper les risques potentiels en analysant les données météorologiques, les plans de travail et l...

**i** **Isleyen et al., 2020, ont adopté un système de détection par intelligence artificielle pour détecter les risques de chute de toit, obtenant une précision de 86 %.**

Les données du modèle ont été formées sur des conditions de toit dangereuses et non dangereuses. Le modèle a prédit une précision de 80 % pour les conditions de toit dangereuses et une précision de 89 % pour les conditions de toit non dangereuses.

# Techniques clés dans le développement du système

1

## Algorithmes d'apprentissage automatique

Utilisés pour détecter la robustesse et mesurer la gravité des accidents.

2

## Méthode des opérations de règle

Évalue les facteurs de risque d'autres risques pour la santé et la sécurité.

3

## Approche d'extraction de texte

Permet d'analyser les facteurs de risque pour la sécurité sur les chantiers.

- ❏ **Les gros trous sont un danger pour la sécurité sur le chantier de construction. La vision par ordinateur et l'ontologie établissent un graphe de connaissances qui permet la détection et l'atténuation automatiques des risques pour la sécurité sur le chantier pour l'analyse de la sécurité sur le chantier [58,72].**



# Détection des comportements non sécuritaires et de l'échafaudage mobile

- **Modèle d'apprentissage profond et LSTM** : Identifie les comportements non sécuritaires pour améliorer la sécurité sur les chantiers.
- **Interaction objets humains et informatique** : Valide la protection des mains des travailleurs et la sécurité basée sur la vision.
- **Détection des risques et objets en temps réel** : Offre un mécanisme efficace pour reconnaître les conditions dangereuses.

① L'interaction des objets humains et de l'informatique visionne l'analyse de la santé et de la sécurité sur le chantier à partir d'images et de vidéos sur le chantier [73].

Le modèle valide la protection des mains des travailleurs sur le chantier et la sécurité basée sur la vision grâce à des contrôles de conformité. **La détection des risques pour la santé et la sécurité et des objets en temps réel offre un mécanisme efficace aux gestionnaires de la santé et de la sécurité pour reconnaître les conditions dangereuses.**

# Processus de mise en œuvre de la vision par ordinateur et de l'Internet des objets

## Identification des objets de construction

L'annotation des données permet d'identifier les objets sur le chantier. Cela inclut les travailleurs, les obstacles, les équipements mobiles, etc.

## Analyse de santé et sécurité

L'identification précise des mouvements des objets de construction garantit la sécurité des travailleurs.

## Risques identifiés

Les risques incluent non-respect des pratiques en matière d'EPI, zones dangereuses mal délimitées, comportements non sécuritaires, etc.

## Proximité des objets

La proximité des objets peut augmenter le risque de blessure, nécessitant la détection des zones dangereuses.

✔ Lorsque des objets sur site, tels qu'une excavatrice ou un travailleur sur site, sont en proximité les uns des autres, cela peut entraîner un risque pour la santé et la sécurité,

augmentant considérablement le risque de blessure. Il est donc nécessaire d'identifier les zones dangereuses et de détecter la proximité des objets interconnectés sur le chantier de construction. **L'Internet des objets (IoT) rétrofité sur les dispositifs portés par les travailleurs sur site, tels que les équipements de protection individuelle (EPI), peut être utilisé pour détecter les activités sur le chantier de construction**

**① Une approche alternative consiste à utiliser la vision par ordinateur pour l'analyse de la santé et de la sécurité. Les modèles de vision par ordinateur peuvent être formés pour analyser les photos et les vidéos du chantier de construction, détectant ainsi les risques potentiels pour la santé et la sécurité.**

# Amélioration de l'analyse de la santé et de la sécurité

1

**Association de la vision par ordinateur et de l'IoT**

Combinaison de la vision par ordinateur avec l'IoT.

2

**Framework de pointe**

Enquête sur le cadre de pointe pour la détection de proximité des travailleurs.

3

**Précision du cadre**

Atteinte d'une précision de 93 % pour détecter la proximité des travailleurs avec les risques.

- ❏ En couplant la vision par ordinateur avec l'IoT, il est possible d'améliorer l'analyse de la santé et de la sécurité sur le chantier de construction.

[53] a enquêté sur le cadre de pointe qui englobe la segmentation d'image (vision par ordinateur) et les techniques basées sur les capteurs (Internet des objets) pour fournir des avertissements de proximité concernant les risques pour la santé et la sécurité. **Le cadre a atteint une précision de 93 % pour détecter la proximité des travailleurs avec les risques statiques et dynamiques.**

[59] a utilisé un réseau de neurones convolutionnels pour extraire les images et identifier les accidents mortels sur le chantier de construction. **Pour développer des modèles de vision par ordinateur, l'annotation d'images et de vidéos est une activité fondamentale.**

# Surveillance Continue du Chantier de Construction

1

## Surveillance en Continu

Les sites doivent être surveillés en continu pour détecter les actions non sécurisées.

2

## Identification Proactive

L'identification proactive des accidents mortels et des blessures sur le chantier est essentielle.

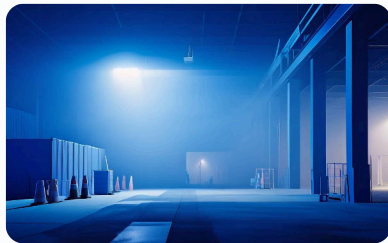
3

## Complexité de la Sécurité

La nature dynamique des chantiers de construction rend la tâche de sécurité très complexe.



# Limitations de la vision par ordinateur et de l'IdO dans la détection des risques de santé et de sécurité sur les chantiers de construction



## Occultation

La vision par ordinateur est confrontée à des défis dus à l'occultation sur les chantiers de construction, avec une visibilité limitée et des conditions d'éclairage difficiles.



## Accès aux données de vidéosurveillance

L'accès aux données de vidéosurveillance est une limitation majeure pour la vision par ordinateur, avec des préoccupations concernant la sécurité et la confidentialité des données.



## Identification des risques liés à la sécurité

L'identification des risques liés à la sécurité est un défi dans des conditions difficiles, avec des images floues et des obstacles à une identification précise.

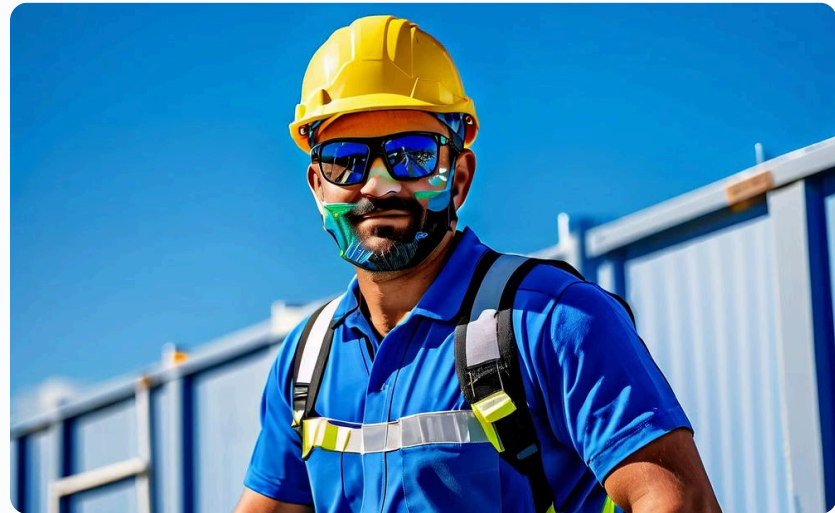
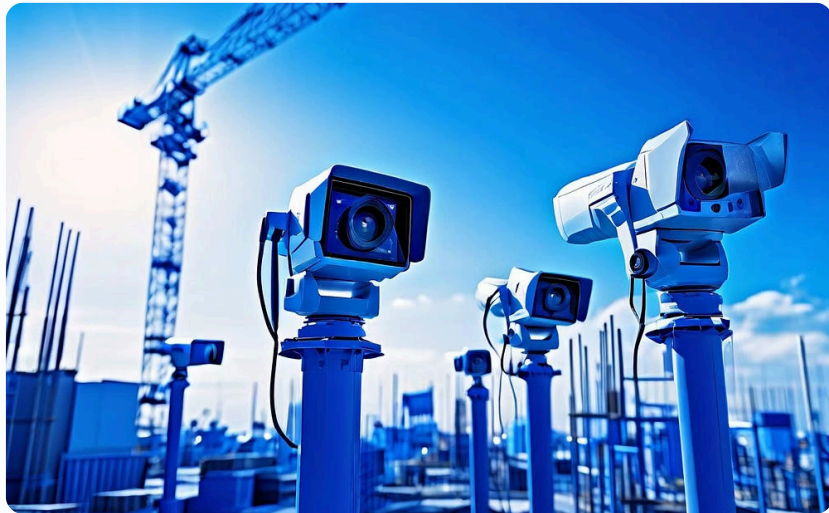


## Compréhension des équipements de protection individuelle (EPI)

La compréhension des équipements de protection individuelle est limitée sur les chantiers de construction, avec des conditions d'éclairage difficiles rendant l'identification complexe.



# Acquisition de données de vidéosurveillance pour la vision par ordinateur dans la construction



## Importance de l'Équipement de Protection Individuelle (EPI)

L'importance de l'EPI approprié constitue une barrière essentielle entre le travailleur du site et les risques potentiels pour la santé et la sécurité, contribuant à prévenir les blessures, les maladies et la vulnérabilité aux risques.

## Acquisition de Données de Vidéosurveillance

Les caméras de surveillance sur les chantiers de construction captent des images et des vidéos pour surveiller les risques potentiels pour la santé et la sécurité, présentant diverses activités de construction, des travailleurs et de l'équipement, dans des conditions d'éclairage difficiles.

Dans les approches de vision par ordinateur, les images et les vidéos provenant des caméras de surveillance sont nécessaires pour former les modèles de détection de risques liés à la santé et à la sécurité sur les chantiers de construction. L'identification précise des risques comprend les machines, les zones dangereuses, les conditions environnementales, etc., contribuant à réduire considérablement les risques d'accidents et de blessures.

**ⓘ Cependant, la précision n'est pas le seul critère pour prédire les risques pour la santé et la sécurité.**

**ⓘ Actuellement, l'installation généralisée de caméras de surveillance sur les chantiers de construction capture l'image et les vidéos pour surveiller et identifier les risques potentiels pour la santé et la sécurité sur le chantier de construction (M [51]).** Pour former le modèle, les images et les vidéos sont nécessaires. Par conséquent, il y a peu d'interaction humaine

## References

- [1] HSE, Construction Statistics in Great Britain, 2019.
- [2] Health and Safety Executive, Construction Statistics in Great Britain, 2020 2020. [online] Available at: <https://www.hse.gov.uk/statistics/industry/construction.pdf>.
- [3] S. Kinkel, M. Baumgartner, E. Cherubini, Prerequisites for the adoption of AI technologies in manufacturing—Evidence from a worldwide sample of manufacturing companies, *Technovation* 110 (2022) 102375.
- [4] Y. Pan, L. Zhang, Roles of artificial intelligence in construction engineering and management: a critical review and future trends, *Autom. ConStruct.* 122 (2021) 103517.
- [5] S.M.E. Sepasgozar, S. Davis, Construction technology adoption cube: an investigation on process, factors, barriers, drivers and decision makers using NVivo and AHP analysis, *Buildings* 8 (2018) 74.
- [6] Haupt, T.C., Akinlolu, M., Ralille, M.T., n.d. Emerging Technologies in Construction Safety and Health Management.
- [7] M. Zhang, T. Cao, X. Zhao, Applying sensor-based technology to improve construction safety management, *Sensors* 17 (2017) 1841.
- [8] M. Chaaya, A. Jaafari, Collaboration and integration of project life cycle design information using IT systems, in: *Proceedings of International Conference on Construction Information Technology*, 2000, pp. 277–291.
- [9] H. Li, Z. Irani, P.E.D. Love, The IT performance evaluation in the construction industry, in: *Proceedings of the 33rd Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, IEEE, 2000 9-pp. *Journal of Building Engineering* 76 (2023) 107049 11 S. Arshad et al.
- [10] D. Moher, A. Liberati, J. Tetzlaff, D.G. Altman, P. Group, Reprint—preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement, *Phys. Ther.* 89 (2009) 873–880.
- [11] M.J. Bown, A.J. Sutton, Quality control in systematic reviews and meta-analyses, *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* 40 (2010) 669–677.
- [12] PRISMA, Prisma, Available at: <http://prisma-statement.org/PRISMAStatement/PRISMAStatement>, 2021. (Accessed 19 May 2023).
- [13] M. Mohan, S. Varghese, Artificial Intelligence Enabled Safety for Construction Sites, 2019.
- [14] W. Fang, L. Ding, P.E.D. Love, H. Luo, H. Li, F. Pena-Mora, B. Zhong, C. Zhou, Computer vision applications in construction safety assurance, *Autom. ConStruct.* 110 (2020) 103013.
- [15] Y. Li, H. Wei, Z. Han, N. Jiang, W. Wang, J. Huang, Computer vision-based hazard identification of construction site using visual relationship detection and ontology, *Buildings* 12 (2022) 857.
- [16] B. Zhong, H. Li, H. Luo, J. Zhou, W. Fang, X. Xing, Ontology-based semantic modeling of knowledge in construction: classification and identification of hazards implied in images, *J. Construct. Eng. Manag.* 146 (2020) 4020013.
- [17] T.R. Gruber, *Ontolingua: A Mechanism to Support Portable Ontologies*, 1992.
- [18] M. Ramoni, M. Stefanelli, L. Magnani, G. Barosi, An epistemological framework for medical knowledge-based systems, *IEEE Trans. Syst. Man. Cybern.* 22 (1992) 1361–1375.
- [19] V. Mavroudis, S. Bromander, Cyber threat intelligence model: an evaluation of taxonomies, sharing standards, and ontologies within cyber threat intelligence, in: *2017 European Intelligence and Security Informatics Conference (EISIC)*, IEEE, 2017, pp. 91–98.
- [20] M.A. Musen, Dimensions of knowledge sharing and reuse, *Comput. Biomed. Res.* 25 (1992) 435–467.
- [21] A.A. Alsanad, A. Chikh, A. Mirza, A domain ontology for software requirements change management in global software development environment, *IEEE Access* 7 (2019) 49352–49361.
- [22] K. Blagec, A. Barbosa-Silva, S. Ott, M. Samwald, A Curated, Ontology-Based, Large-Scale Knowledge Graph of Artificial Intelligence Tasks and Benchmarks, 2021 arXiv Prepr. arXiv2110.01434.
- [23] A. Elçi, Generating a standardized upper ontology for security of information and networks, in: *Computational Intelligence, Cyber Security and Computational Models*, Springer, 2016, pp. 27–32.
- [24] L. Elmhadhbi, M.-H. Karray, B. Archimède, Toward the use of upper-level ontologies for semantically interoperable systems: an emergency management use case, in: *Enterprise Interoperability VIII*, Springer, 2019, pp. 131–140.
- [25] D.V. Klopfenstein, L. Zhang, B.S. Pedersen, F. Ramirez, A. Warwick Vesztrocy, A. Naldi, C.J. Mungall, J.M. Yunes, O. Botvinnik, M. Weigel, GOATOOLS: a Python library for Gene Ontology analyses, *Sci. Rep.* 8 (2018) 1–17.
- [26] K.U. Sarker, A. Bin Deraman, R. Hasan, A. Abbas, Ontological practice for big data management, *Int. J. Comput. Digit. Syst.* 8 (2019) 265–273.
- [27] L.-C. Chen, Y. Yang, J. Wang, W. Xu, A.L. Yuille, Attention to scale: scale-aware semantic image segmentation, in: *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2016, pp. 3640–3649.
- [28] R. Yang, Y. Yu, Artificial convolutional neural network in object detection and semantic segmentation for medical imaging analysis, *Front. Oncol.* 11 (2021) 573.
- [29] P. Matta, B. Pant, M. Arora, All you want to know about internet of things (IoT), in: *2017 International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA)*, IEEE, 2017, pp. 1306–1311.
- [30] O. Uviase, G. Kotonya, IoT Architectural Framework: Connection and Integration Framework for IoT Systems, 2018 arXiv Prepr. arXiv1803.04780.
- [31] X. Yang, Y. Yu, S. Shirrowzhan, H. Li, Automated PPE-Tool pair check system for construction safety using smart IoT, *J. Build. Eng.* 32 (2020) 101721.
- [32] P. Brous, M. Janssen, P. Herder, The dual effects of the Internet of Things (IoT): a systematic review of the benefits and risks of IoT adoption by organizations, *Int. J. Inf. Manag.* 51 (2020) 101952.
- [33] B.Y. McCabe, H. Hamledari, A. Shahi, P. Zangeneh, E.R. Azar, Roles, benefits, and challenges of using UAVs for indoor smart construction applications, in: *Computing in Civil Engineering 2017*, 2017, pp. 349–357.
- [34] V. Hassija, V. Chamola, V. Saxena, D. Jain, P. Goyal, B. Sikdar, A survey on IoT security: application areas, security threats, and solution architectures, *IEEE Access* 7 (2019) 82721–82743.
- [35] M.A. Javed, F.U. Muram, H. Hansson, S. Punnekkat, H. Thane, Towards dynamic safety assurance for Industry 4.0, *J. Syst. Architect.* 114 (2021) 101914.
- [36] M.G. Gnani, P.A. Bragatto, M.F. Milazzo, R. Setola, Integrating IoT technologies for an “intelligent” safety management in the process industry, *Procedia Manuf.* 42 (2020) 511–515.
- [37] I. Awolusi, C. Nnaji, E. Marks, M. Hallowell, Enhancing construction safety monitoring through the application of internet of things and wearable sensing devices: a review, *Comput. Civ. Eng. 2019 Data, sensing, Anal.* (2019) 530–538.
- [38] R. Jin, H. Zhang, D. Liu, X. Yan, IoT-based detecting, locating and alarming of unauthorized intrusion on construction sites, *Autom. ConStruct.* 118 (2020) 103278.
- [39] M. Khan, R. Khalid, S. Anjum, N. Khan, S. Cho, C. Park, Tag and IoT based safety hook monitoring for prevention of falls from height, *Autom. ConStruct.* 136 (2022) 104153.
- [40] Z. Zhao, L. Shen, C. Yang, W. Wu, M. Zhang, G.Q. Huang, IoT and digital twin enabled smart tracking for safety management, *Comput. Oper. Res.* 128 (2021) 105183.
- [41] A. Ghosh, D.J. Edwards, M.R. Hosseini, Patterns and trends in Internet of Things (IoT) research: future applications in the construction industry, *Eng. Construct. Architect. Manag.* (2020).
- [42] M. Xu, X. Nie, H. Li, J.C.P. Cheng, Z. Mei, Smart construction sites: a promising approach to improving on-site HSE management performance, *J. Build. Eng.* (2022) 104007.
- [43] M.B. Alamgir, Performance analysis internet of things based on sensor and data analytics, *iRASD J. Comput. Sci. Inf. Technol.* 2 (2021) 40–51. [44] B. Le Nguyen, E.L. Lydia, M. Elhoseny, I. Pustokhina, D.A. Pustokhin, M.M. Selim, G.N. Nguyen, K. Shankar, Privacy preserving blockchain technique to achieve secure and reliable sharing of IoT data, *Comput. Mater. Continua (CMC)* 65 (2020) 87–107.
- [45] A. Israr, G.E.M. Abro, M. Sadiq Ali Khan, M. Farhan, B.M. Zulkifli, S. ul Azrin, Internet of things (IoT)-Enabled unmanned aerial vehicles for the inspection of construction sites: a vision and future directions, *Math. Probl Eng.* 2021 (2021).
- [46] L.-D. Van, L.-Y. Zhang, C.-H. Chang, K.-L. Tong, K.-R. Wu, Y.-C. Tseng, Things in the air: tagging wearable IoT information on drone videos, *Discov. Internet Things* 1 (2021) 1–13.
- [47] Mark Gibson, M.H. Katherine Blue, Survey of Sustainability Reporting at Technology Companies, 2021.
- [48] A.Y. Shaikh, R. Osei-Kyei, M. Hardie, A critical analysis of safety performance indicators in construction, *Int. J. Build. Pathol. Adapt.* 39 (2021) 547–580.
- [49] S. Han, S. Lee, A vision-based motion capture and recognition framework for behavior-based safety management, *Autom. ConStruct.* 35 (2013) 131–141.
- [50] C. Dong, H. Li, X. Luo, L. Ding, J. Siebert, H. Luo, Proactive struck-by risk detection with movement patterns and randomness, *Autom. ConStruct.* 91 (2018) 246–255.
- [51] M. Wang, P. Wong, H. Luo, S. Kumar, V. Delhi, J. Cheng, Predicting safety hazards among construction workers and equipment using computer vision and deep learning techniques, in: *ISARC. Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction*, IAARC Publications, 2019, pp.399–406.
- [52] N. Khan, M.R. Saleem, D. Lee, M.-W. Park, C. Park, Utilizing safety rule correlation for mobile scaffolds monitoring leveraging deep convolution neural networks, *Comput. Ind.* 129 (2021) 103448.
- [53] I. Jeelani, K. Asadi, H. Ramshankar, K. Han, A. Albert, Real-time vision-based worker localization & hazard detection for construction, *Autom. ConStruct.* 121 (2021) 103448.
- [54] Q. Fang, H. Li, X. Luo, L. Ding, T.M. Rose, W. An, Y. Yu, A deep learning-based method for detecting non-certified work on construction sites, *Adv. Eng. Inf.* 35 (2018) 56–68.
- [55] B. Guo, Y. Zou, L. Chen, A Review of the Applications of Computer Vision to Construction Health and Safety, 2018.
- [56] E. Isleyen, S. Duzgun, M.R. Carter, Roof Fall Hazard Detection with Convolutional Neural Networks Using Transfer Learning, 2020, 03681 arXiv Prepr. *Journal of Building Engineering* 76 (2023) 107049 12 S. Arshad et al. arXiv2012.
- [57] W.W.S. Chung, S. Tariq, S.R. Mohandes, T. Zayed, IoT-based application for construction site safety monitoring, *Int. J. Constr. Manag.* (2020) 1–17.
- [58] H. Wu, B. Zhong, H. Li, P. Love, X. Pan, N. Zhao, Combining computer vision with semantic reasoning for on-site construction safety management, *J. Build. Eng.* 103036 (2021).
- [59] M. Arashpour, T. Ngo, H. Li, Scene understanding in construction and buildings using image processing methods: a comprehensive review and a case study, *J. Build. Eng.* 33 (2021) 101672.
- [60] L. Ding, W. Fang, H. Luo, P.E.D. Love, B. Zhong, X. Ouyang, A deep hybrid learning model to detect unsafe behavior: integrating convolution neural networks and long short-term memory, *Autom. ConStruct.* 86 (2018) 118–124.
- [61] H. Wu, J. Zhao, An intelligent vision-based approach for helmet verification for work safety, *Comput. Ind.* 100 (2018) 267–277. [62] M. Zhang, R. Shi, Z. Yang, A critical review of vision-based occupational health and safety monitoring of construction site workers, *Saf. Sci.* 126 (2020) 104658.
- [63] J. Zhang, D. Zhang, X. Liu, R. Liu, G. Zhong, A framework of on-site construction safety management using computer vision and real-time location system, in: *International Conference on Smart Infrastructure and Construction 2019 (ICSIC) Driving Data-Informed Decision-Making*, ICE Publishing, 2019, pp. 327–333.
- [64] E. Chian, W. Fang, Y.M. Goh, J. Tian, Computer vision approaches for detecting missing barricades, *Autom. ConStruct.* 131 (2021) 103862.
- [65] V.S.K. Delhi, R. Sankaral, A. Thomas, Detection of personal protective equipment (PPE) compliance on construction site using computer vision based deep learning techniques, *Front. Built Environ.* 136 (2020).
- [66] X. Yan, H. Zhang, H. Li, Computer vision-based recognition of 3D relationship between construction entities for monitoring struck-by accidents, *Comput. Civ. Infrastruct. Eng.* 35 (2020) 1023–1038.
- [67] R. Zhu, X. Hu, J. Hou, X. Li, Application of machine learning techniques for predicting the consequences of construction accidents in China, *Process Saf. Environ. Protect.* 145 (2021) 293–302.
- [68] A.J.-P. Tixier, M.R. Hallowell, B. Rajagopalan, D. Bowman, Application of machine learning to construction injury prediction, *Autom. ConStruct.* 69 (2016) 102–114.
- [69] X.U. Na, M.A. Ling, Q. Liu, W. Li, Y. Deng, An improved text mining approach to extract safety risk factors from construction accident reports, *Saf. Sci.* 138 (2021) 105216.
- [70] H. Luo, C. Xiong, W. Fang, P.E.D. Love, B. Zhang, X. Ouyang, Convolutional neural networks: computer vision-based workforce activity assessment in construction, *Autom. ConStruct.* 94 (2018) 282–289.
- [71] J. Wu, N. Cai, W. Chen, H. Wang, G. Wang, Automatic detection of hardhats worn by construction personnel: a deep learning approach and benchmark dataset, *Autom. ConStruct.* 106 (2019) 102894.
- [72] W. Fang, L. Ma, P.E.D. Love, H. Luo, L. Ding, A. Zhou, Knowledge graph for identifying hazards on construction sites: integrating computer vision with ontology, *Autom. ConStruct.* 119 (2020) 103310.
- [73] S. Tang, D. Roberts, M. Golparvar-Fard, Human-object interaction recognition for automatic construction site safety inspection, *Autom. ConStruct.* 120 (2020) 103356.
- [74] H. Honda, K. Iwata, Personal protective equipment and improving compliance among healthcare workers in high-risk settings, *Curr. Opin. Infect. Dis.* 29 (2016) 400–406.
- [75] F. Zhafran, E.S. Ningrum, M.N. Tamara, E. Kusumawati, Computer vision system based for personal protective equipment detection, by using convolutional neural network, in: *2019 International Electronics Symposium (IES)*, IEEE, 2019, pp. 516–521.
- [76] A.A. Protik, A.H. Rafi, S. Siddique, Real-Time personal protective equipment (PPE) detection using YOLOv4 and TensorFlow, in: *2021 IEEE Region 10 Symposium (TENSYPMP)*, IEEE, 2021, pp. 1–6.
- [77] R.M. Choudhry, Behavior-based safety on construction sites: a case study, *Accid. Anal. Prev.* 70 (2014) 14–23.
- [78] M. Zhang, D. Fang, A continuous Behavior-Based Safety strategy for persistent safety improvement in construction industry, *Autom. ConStruct.* 34 (2013) 101–107.
- [79] S. Ammad, W.S. Alaloul, S. Saad, A.H. Qureshi, Personal protective equipment (PPE) usage in construction projects: a scientometric approach, *J. Build. Eng.* (2020) 102086.
- [80] Z. Yu, H. Peng, X. Zeng, M. Sofi, H. Xing, Z. Zhou, Smarter construction site management using the latest vision technology, in: *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Civil Engineering*, Thomas Telford Ltd, 2018, pp. 89–95.
- [81] J. Park, K. Kim, Y.K. Cho, Framework of automated construction-safety monitoring using cloud-enabled BIM and BLE mobile tracking sensors, *J. Construct. Eng. Manag.* 143 (2017) 5016019.
- [82] S.R. Vijayalakshmi, S. Muruganand, Internet of Things technology for fire monitoring system, *Int. Res. J. Eng. Technol.* 4 (2017) 2140–2147.
- [83] W. Fang, B. Zhong, N. Zhao, P.E. Love, H. Luo, J. Xue, S. Xu, A deep learning-based approach for mitigating falls from height with computer vision: convolutional neural network, *Adv. Eng. Inf.* 39 (2019) 170–177.
- [84] A. Kanawaday, A. Sane, Machine learning for predictive maintenance of industrial machines using IoT sensor data, in: *2017 8th IEEE International Conference on Software Engineering and Service Science (ICSESS)*, IEEE, 2017, pp. 87–90.
- [85] R. Krishnamurthi, A. Kumar, D. Gopinathan, A. Nayyar, B. Qureshi, An overview of IoT sensor data processing, fusion, and analysis techniques, *Sensors* 20 (2020) 6076.
- [86] S.K. Sowe, T. Kimata, M. Dong, K. Zetsu, Managing heterogeneous sensor data on a big data platform: IoT services for data-intensive science, in: *2014 IEEE 38th International Computer Software and Applications Conference Workshops*, IEEE, 2014, pp. 295–300.
- [87] M. Ayhan, I. Dikmen, M. Talat Birgonul, Predicting the occurrence of construction disputes using machine learning techniques, *J. Construct. Eng. Manag.* 147 (2021) 4021022
- - 
  -

# Modélisation 3D et perspectives réalistes

## Techniques de modélisation 3D

La vision par ordinateur exploite des images et vidéos pour générer des modèles 3D précis des projets en construction.

## Perspectives photoréalistes

Ces modèles 3D servent ensuite de base pour créer des illustrations et animations réalistes du projet final.



# Surveillance intelligente des chantiers

1

## Détection en temps réel

Les systèmes de vision détectent les problèmes de sécurité ou de non-conformité sur le chantier au fur et à mesure.

2

## Surveillance automatisée

Ils permettent d'automatiser les inspections régulières des équipements et infrastructures pour un meilleur suivi.



# Optimisation de la logistique



## Suivi des livraisons

Suivre les mouvements des camions pour une meilleure coordination des livraisons de matériaux.



## Gestion des équipements

Optimiser le positionnement et l'utilisation des grues et autres équipements lourds.



## Productivité des équipes

Suivre les déplacements des travailleurs pour améliorer l'efficacité des équipes.

# Outils d'assistance aux travailleurs

## 1 Équipements de protection intelligents

Intégrer la vision par ordinateur dans les casques et lunettes de sécurité pour détecter les dangers.

## 2 Robots collaboratifs

Utiliser la vision pour que des robots aident aux tâches difficiles ou répétitives.





# Analyse des espaces et ergonomie

Application	Description
Planification d'espaces	Analyser les mouvements des travailleurs et équipements pour optimiser l'aménagement des espaces.
Ergonomie des postes	Détecter les mauvaises postures et gestes à risque pour améliorer l'ergonomie.



# Défis techniques actuels

1

## Environnements complexes

Améliorer la précision des algorithmes face aux conditions extérieures variables.

2

## Intégration des systèmes

Intégrer de manière transparente la vision par ordinateur dans les processus existants.

3

## Formation des équipes

Former les équipes à utiliser efficacement ces nouvelles technologies sur les chantiers.

# Vers des chantiers plus intelligents

## Productivité accrue

Optimiser l'utilisation des ressources humaines et matérielles.

## Amélioration de la sécurité

Détecter rapidement les risques et problèmes sur le chantier.

## Contrôle qualité renforcé

Suivre précisément l'avancement et la conformité des travaux.

## Chantiers intelligents

L'objectif est de créer des chantiers ultra-connectés et efficaces grâce à la vision par ordinateur.

# Modélisation 3D et perspectives réalistes

Les techniques de vision par ordinateur créent des modèles 3D réalistes à partir d'images et vidéos pour la construction.

Ces modèles 3D génèrent des perspectives réalistes, soutenant la conception et la commercialisation des projets.



# Vision par ordinateur et IA dans le BTP - les dernières avancées

La vision par ordinateur et l'intelligence artificielle (IA) transforment le secteur du BTP. En combinant la collecte d'images et de vidéos sur les chantiers avec des algorithmes puissants, la vision par ordinateur améliore la sécurité, automatise les processus et réduit l'effort humain. Cette technologie révolutionne les usages traditionnels et offre de nouvelles perspectives.

- **Augmentation de la sécurité** - La détection des Équipements de Protection Individuels et l'analyse des actions des ouvriers pour prévenir les mauvaises postures et les risques d'accidents.
- **Amélioration de la productivité** - Suivi des mouvements des travailleurs pour optimiser l'efficacité des équipes.
- **Applications novatrices** - Utilisation de caméras mobiles et de tablettes pour collecter des données précieuses et exploiter des algorithmes d'IA en temps réel sur le terrain.

# Détection des Risques de Sécurité

1

## Surveillance en temps réel

Les systèmes de vision par ordinateur analysent en continu les images et vidéos des caméras pour détecter des situations dangereuses.

2

## Détection de conditions dangereuses

Les risques tels que des accumulations de matériaux, des effondrements structurels ou des conditions météorologiques défavorables peuvent être identifiés.

3

## Alertes immédiates

Des alertes peuvent être envoyées aux responsables pour prendre des mesures immédiates en cas de danger.

# Inspection et maintenance préventive des équipements :

- **Surveillance des équipements** : Utilisation de la vision par ordinateur pour surveiller l'état des machines, échafaudages, et autres équipements afin de détecter les problèmes potentiels.
- **Planification de la maintenance préventive** : Contribution à la planification d'une maintenance préventive pour réduire les risques liés à l'utilisation d'équipements défectueux.
- **Amélioration de la sécurité** : Réduction des risques grâce à une surveillance proactive des équipements sur les chantiers.

# Analyse des incidents et des accidents:

Les enregistrements vidéo peuvent être utilisés pour analyser les causes des incidents et des accidents, afin d'identifier les points faibles et de mettre en place des mesures correctives.

Cela permet d'améliorer en continu les pratiques de sécurité sur le chantier.

La détection précoce des tendances dangereuses peut sauver des vies et éviter des accidents majeurs.