

# État de l'art des technologies de détection de personnes applicables aux chantiers de construction

Alireza Saidi, Ph. D.  
Chercheur

Prévention des risques chimiques, biologiques, mécaniques et physiques

# Sommaire

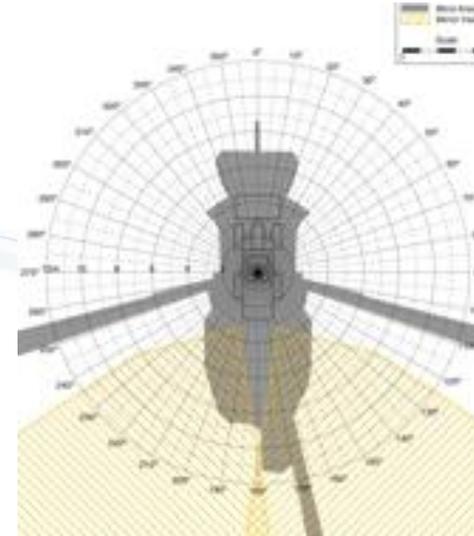
---

- Contexte général
- Objectifs des travaux
- État des connaissances
- Méthodologie
- Résultats
  - Normes en vigueur
  - Principes technologiques
  - Technologies de détection à embarquer sur l'équipement mobile
  - Fournisseurs des systèmes applicables au secteur de la construction
- Discussion
- Conclusion

# Contexte général



Cat 924GZ

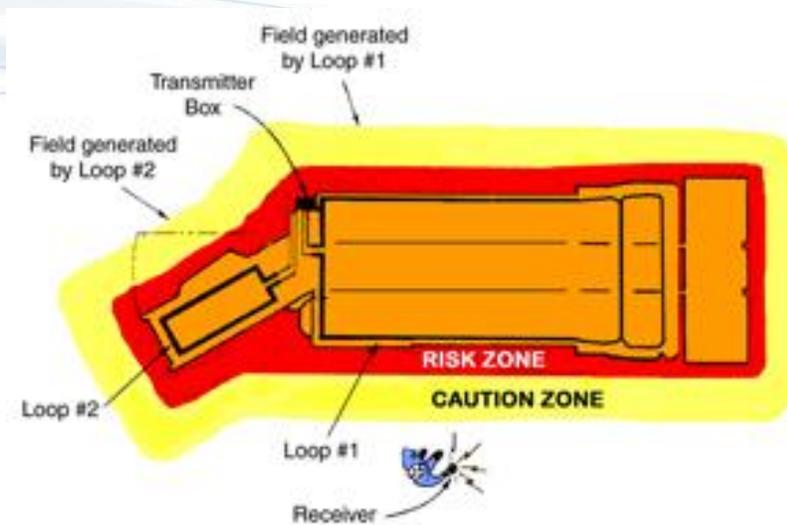


Source: manuel Visibilité de l'équipement de construction par NIOSH (<https://www.cdc.gov/niosh/topics/highwayworkzones/bad/loaders/cat924gz.html>)

- Différents types d'équipements mobiles ayant des parties articulées
- Un nombre élevé d'accidents liés à la collision entre les travailleurs et les engins mobiles (malgré l'adoption des procédures de sécurité, les formations dispensées auprès des opérateurs et les moyens d'avertissement mis en œuvre)

# Objectifs des travaux

Dresser l'état de l'art des systèmes de détection de personnes pour le domaine de la construction qui permettent de détecter les situations de proximités dangereuses et d'alerter en temps réel les opérateurs des équipements mobiles ou les travailleurs piétons afin de réduire les risques de collision (Demande formulée par la CNESST le 29 juillet 2019)



Source: HASARD - Un système d'avertissement de proximité électromagnétique par NIOSH (<https://www.cdc.gov/niosh/mining/content/electricalandmachinesafety/proximity/hasard.html>)

Rapport d'expertise D2019-050 État de l'art portant sur les technologies de détection de personnes applicables aux chantiers de construction) déposé auprès de la CNESST le 21 octobre 2019

# État des connaissances

---

- ❑ Les stratégies de SST prévues ne peuvent pas répondre aux problèmes de tous les chantiers et de tous les types d'opérations
  - La nature transitoire et dynamique d'un chantier de construction et la variété des équipements déployés
  - Des équipements passant rapidement d'une opération à l'autre
    - L'angle mort variable, en fonction de types d'équipement et d'opération
    - Des travailleurs présents à proximité des machines en raison des espaces confinés
    - Les risques de collision en fonction de l'engin, de la situation et du lieu où se trouve le travailleur
    - Un taux d'accidents beaucoup plus élevé, pour les équipements mobiles œuvrant dans le sens inversé
- ❑ Nécessité d'une précision de localisation élevée tout en minimisant les alarmes intempestives

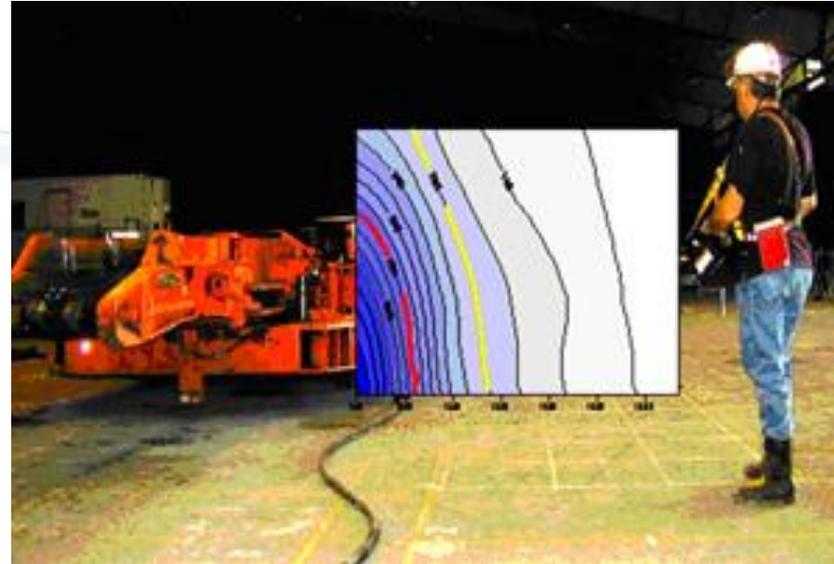
# Méthodologie

- Systèmes dédiés à la construction aux secteurs connexes (les mines, les travaux publics, la collecte et le tri des déchets et la manutention par chariots élévateurs, etc.)
- Exclusion des systèmes d'aide visuelle de type caméra-écran, à moins qu'ils soient associés à un système de détection de proximité

Travaux de recherche	Développements industriels
<ul style="list-style-type: none"><li>• Les connaissances et les avancées durant les 10 dernières années</li><li>• Les articles de revue de littérature</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mécanismes de fonctionnement des systèmes répertoriés à partir des fiches techniques et des sites internet de fabricants et des distributeurs</li><li>• Appels téléphoniques et vidéoconférences</li></ul>
<i>Proximity detection system, Proximity detection alert, Collision avoidance system, etc.</i>	

# Normes en vigueur

L'entrée en vigueur des lois sur l'obligation de l'utilisation des systèmes de détection de proximité dans **l'industrie minière** a grandement favorisé la mise en marché de telles technologies



Source: HASARD - Un système d'avertissement de proximité électromagnétique par NIOSH (<https://www.cdc.gov/niosh/mining/content/electricalandmachinesafety/proximity/hasard.html>)

États-Unis (janvier 2015)	Afrique du Sud (février 2015)
<p>La règle définitive publiée par l'administration de la sécurité et de la santé dans les mines (MSHA) oblige l'exploitant de la mine de charbon souterraine à équiper des <b>machines d'extraction minière</b> avec des systèmes de détection de proximité</p> <p><a href="https://www.federalregister.gov/documents/2015/01/15/2015-00319/proximity-detection-systems-for-continuous-mining-machines-in-underground-coal-mines">https://www.federalregister.gov/documents/2015/01/15/2015-00319/proximity-detection-systems-for-continuous-mining-machines-in-underground-coal-mines</a></p>	<p>Règlements relatifs aux équipements mobiles en vertu de la loi sur la santé et la sécurité dans les mines prévoient que toutes les <b>machines mobiles souterraines à moteur diesel et sans sentiers définis</b> doivent être équipées de moyens permettant de détecter automatiquement la présence de piétons à proximité</p> <p><a href="https://www.greengazette.co.za/notices/mine-health-and-safety-act-29-1996-regulations-relating-to-machinery-and-equipment_20150227-GGR-38493-00125.pdf">https://www.greengazette.co.za/notices/mine-health-and-safety-act-29-1996-regulations-relating-to-machinery-and-equipment_20150227-GGR-38493-00125.pdf</a></p>

# Principes technologiques -1

## Systemes centralisés

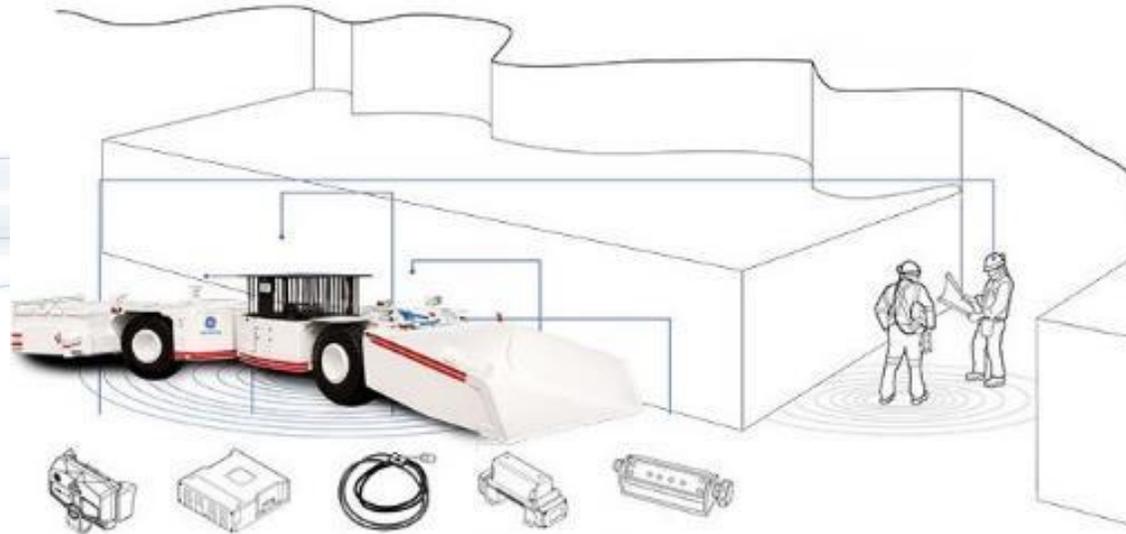


Source: GE-Transportation

- Contrôle permanent de la localisation de tous les véhicules et des personnes
- Marqueur de localisation à installer sur tous les objets présents
- Technologies typiques de géolocalisation (GPS, IMS, radio ULB)
- Possibilité d'avertir le conducteur et le piéton (alarme sonore, visuelle)
- Possibilité de création de plusieurs zones de proximité
- Requier une analyse d'une quantité importante de données

# Principes technologiques -2

## Systèmes embarqués



Source: GE-Transportation

- Système basé sur la détection de la proximité du piéton ou de l'engin
- Plusieurs types de technologies à base de capteurs embarqués
- Collecte unilatérale des données (destinée au conducteur) ou bilatérale
- Possibilité d'associer plusieurs technologies pour le même système
- Possibilité d'avertir le conducteur et le piéton (**alarme sonore, visuelle**)
- Possibilité de création de plusieurs zones de proximité

# Principes technologiques -3

## Zone de proximité autour de l'équipement mobile



Source: Matrix mining team

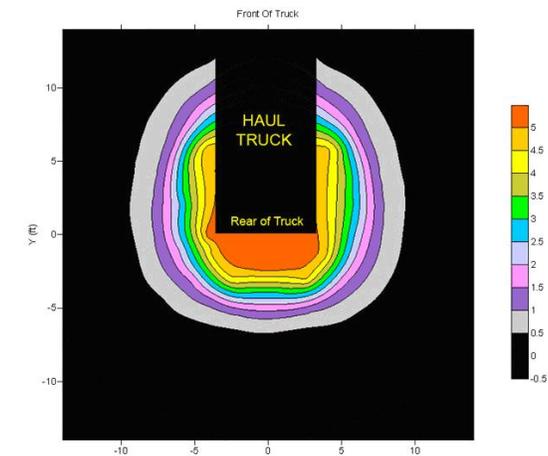
### Établissement des zones de proximité :

- (1) Zone d'opération (zone sécurisée)
- (2) Zone de prudence (envoi d'alerte)
- (3) Zone d'arrêt (possibilité de la mise à l'arrêt de l'engin)

# Technologies disponibles pour les systèmes embarqués

Détection de proximité par

- les technologies de radiofréquence
- les technologies de radar
- les technologies à ultrasons
- les technologies d'analyse d'image
- les technologies de balayage laser
- les technologies électromagnétiques



Source: HASARD - Un système d'avertissement de proximité électromagnétique par NIOSH (<https://www.cdc.gov/niosh/mining/content/electricalandmachinesafety/proximity/hasard.html>)

# Technologies à embarquer sur l'équipement mobile -1

## Détection de proximité par les technologies de radiofréquence (a)

### Identification par radiofréquence

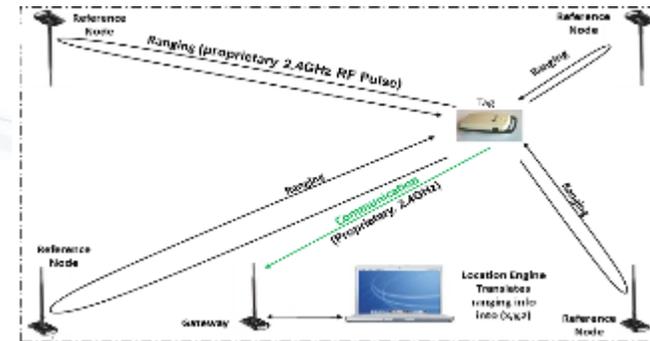


Source : Zonesafe

1. Projection d'ondes radio pour la transmission de données
2. Présence de marqueurs sur les personnes ou objets à identifier

Type de marqueur RFID	Portée effective
Passive basse fréquence	30 cm
Passive haute fréquence	1 m
Passive ultra haute fréquence	3 -5 m
Active	100 m

### Onde radiofréquence à bande ultra-large (UBL)



Source : Essensium

1. Émission d'impulsions de très courte durée
2. Transmission de grandes quantités de données
3. Balises émettrices ULB placées sur les objets + Récepteurs installés sur le véhicule ou répartis dans l'environnement
4. Reconnaissance du positionnement des objets mobiles (à partir de la différence de temps d'arrivée des signaux)

# Technologies à embarquer sur l'équipement mobile -2

## Détection de proximité par les technologies de radiofréquence (b)

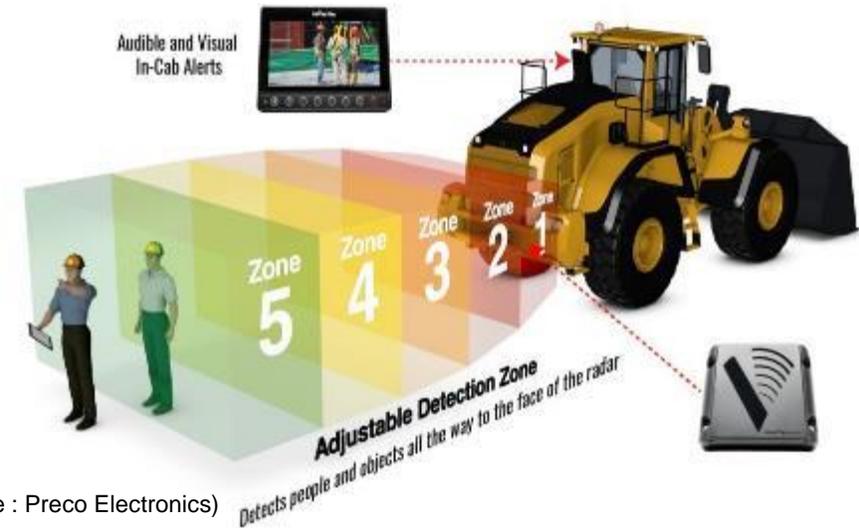
<b>Zone de détection</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Un <b>volume variable</b> (en fonction des paramètres des antennes émettrices)</li><li>- La dimension dépend de la puissance d'émission et la sensibilité du marqueur)</li><li>- Des dimensions ajustables (en fonction du nombre, du type et de la position des antennes)</li></ul>
<b>Capacité de détection</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- <b>La détection des personnes allongées ou en position latérale</b></li><li>- La capacité de détection dépend de l'aptitude à détecter la présence d'un marqueur</li><li>- La couverture de la zone de danger en fonction du nombre d'antennes et de leur réglage</li></ul>
<b>Matériel spécifique</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Des marqueurs sous la forme de boîtier à porter à la ceinture ou dans la poche d'un ÉPI</li></ul>
<b>Données techniques</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Une portée minimale de 0 à 20 m</li><li>- Un temps de réponse est inférieur à 0,5 s</li><li>- Passage des ondes RFID à travers les objets solides non métalliques</li><li>- Un positionnement de haute précision offert par la technologie ULB</li><li>- <b>Pas d'interférence pas avec les systèmes RF existants dans l'environnement</b></li></ul>
<b>Limites d'utilisation</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Une solution adaptées à des vitesses réduites</li><li>- Une géométrie de la zone de détection invariable</li><li>- Des <b>fluctuations des dimensions de la zone de détection induites par la présence d'objets métalliques</b></li><li>- <b>Impact sur d'autres ondes RF présentes dans l'environnement de travail</b></li><li>- <b>Le risque de non-détection</b> dans les cas suivants :<ul style="list-style-type: none"><li>• La présence d'<b>obstacles métalliques</b> pouvant déformer les ondes d'émission ou retransmises</li><li>• Les <b>rayonnements électromagnétiques</b> pouvant perturber la détection des marqueurs</li></ul></li></ul>

Caractéristiques des technologies de détection de proximité par la radiofréquence

# Technologies à embarquer sur l'équipement mobile -3

## Détection de proximité par les technologies de radar (a)

1. Exploitation de la réflexion des ondes électromagnétiques envoyées sur les obstacles
2. Analyse du signal réfléchi permettant de déterminer la distance séparant le radar et l'objet, ainsi que sa vitesse de déplacement



Source : Preco Electronics)

- **Radar pulsé** : Émission des séries d'impulsions de courte durée permettant de mesurer le temps écoulé entre l'émission et la réception des ondes
- **Radar à onde entretenue** : Émission continue d'une onde de fréquence fixe permettant de calculer la différence de fréquence entre signal émis et réfléchi par un objet pour déterminer sa vitesse relative. Il permet de distinguer les objets fixes et mobiles et de déterminer le sens de déplacement de l'objet
- **Radar à onde entretenue et à modulation de fréquence** : Émission continue d'une onde associée à la modulation de fréquence qui permet de déterminer la vitesse, la direction de déplacement et la distance

# Technologies à embarquer sur l'équipement mobile -4

## Détection de proximité par les technologies de radar (b)

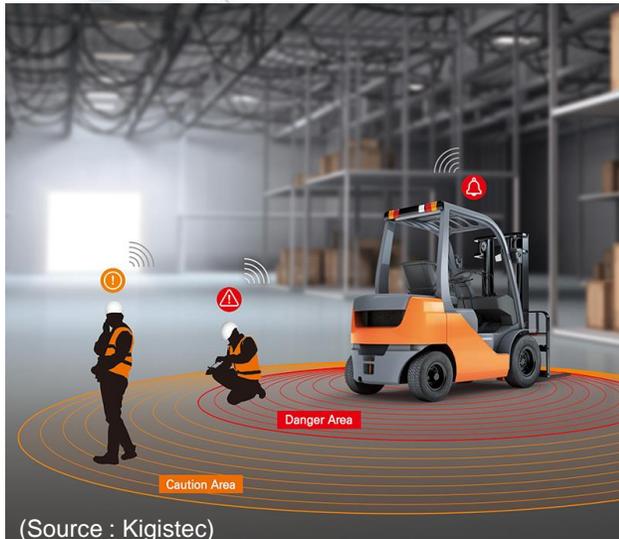
<b>Zone de détection</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Théoriquement liée à la géométrie de l'antenne et de la forme conique des ondes émises</li><li>- La grandeur de la zone en fonction de la nature des obstacles</li><li>- La dimension de la zone dépend du type de radar</li></ul>
<b>Capacité de détection</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Elle dépend de l'aptitude de l'obstacle à retourner toute ou une partie de l'onde émise</li><li>- Influencée par la surface, la forme, l'orientation et la nature de la cible</li></ul>
<b>Matériel spécifique</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Un système constitué d'une à plusieurs unités d'émission-détection des ondes</li></ul>
<b>Données techniques</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Une portée minimale de 0 à 20 mètres</li><li>- Un temps de réponse inférieur à 0,5 s</li><li>- Une meilleure détection avec des géométries particulières assurée par l'utilisation de plusieurs capteurs</li></ul>
<b>Limites d'utilisation</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Une géométrie de zone de détection non réglable pour un système doté d'un capteur individuel</li><li>- <b>Obstacles pouvant dévier ou masquer les ondes envoyées</b></li><li>- <b>Des fluctuations dans les ondes réfléchies créées par la morphologie, l'orientation et la vitesse de l'obstacle</b></li><li>- <b>Détection difficile des déplacements lents des objets ou des personnes</b></li></ul>

Caractéristiques des technologies de détection de proximité par radar

# Technologies à embarquer sur l'équipement mobile -5

## Détection de proximité par les technologies à ultrasons (a)

1. Basée sur la réflexion d'ondes ultrasonores envoyées sur les obstacles
2. L'émission d'une impulsion ultrason avec des intervalles fixes
3. Une consommation d'énergie relativement faible
4. Une conception assez simple



Considérée comme une solution adaptée pour la détection lors des déplacements à vitesse réduite



# Technologies à embarquer sur l'équipement mobile -6

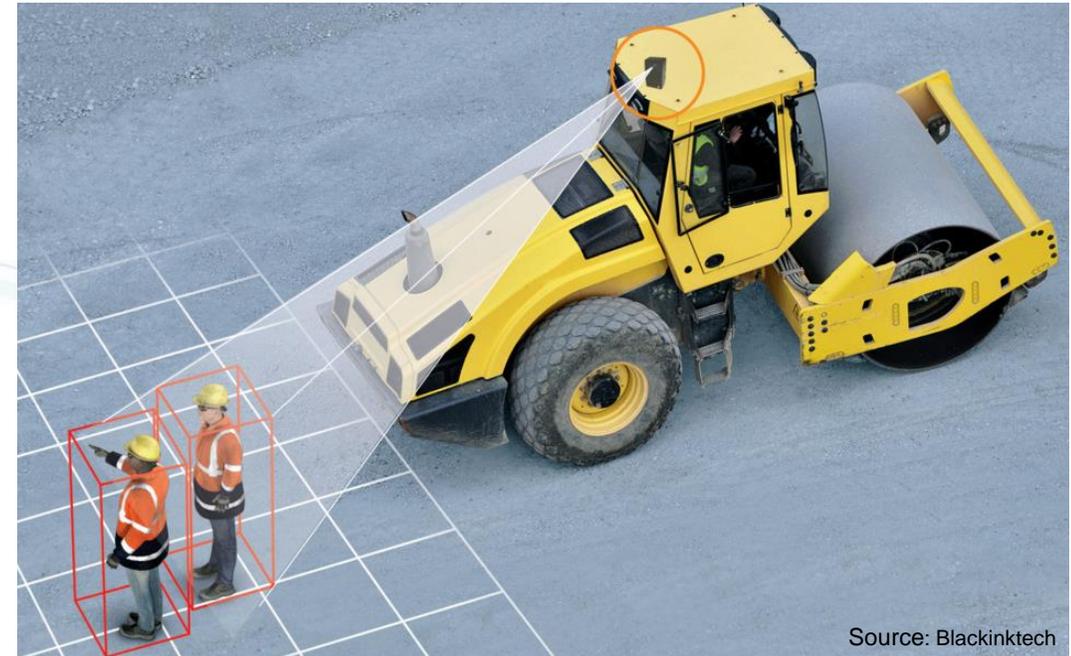
## Détection de proximité par les technologies à ultrasons (b)

<b>Zone de détection</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Une zone théoriquement conique qui correspond à la configuration des ondes émises</li><li>- La configuration des ondes émises déterminé par la surface active du transducteur</li><li>- Une dimension de la zone de détection ajustable</li></ul>
<b>Capacité de détection</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Elle dépend de la capacité de l'objet à réfléchir une partie suffisante des ondes envoyées</li><li>- L'intensité des ondes réfléchies dépend de l'aptitude de réflexion de l'objet et sa distance</li><li>- Fortement influencée par les caractéristiques de l'objet (l'absorption, la diffraction et la réflexion) et son orientation</li><li>- Distinction entre les objets et les personnes optimisée par l'utilisation de plusieurs capteurs</li></ul>
<b>Matériel spécifique</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Le rôle important du transducteur de l'unité de contrôle électronique dans l'optimisation de la détection</li></ul>
<b>Données techniques</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Un portée minimale de 10 cm et une portée maximum de 10 m</li><li>- Un temps de réponse inférieur à 0,3s (plus lent sur certains modèles)</li><li>- Pas d'interférence avec les ondes électromagnétiques présentes dans l'environnement</li></ul>
<b>Limites</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Risque de réactions erronées face à certains bruits forts</li><li>- Risque d'interférences provoquées par des sons à haute fréquence</li><li>- La lecture faussée par la densité des matériaux (murs solides), la pression et la turbulence de l'air</li><li>- La perte de signal en raison d'une obstruction ou de faux signaux à cause des reflets erronés</li><li>- Souvent sensibles aux salissures importantes</li></ul>

# Technologies à embarquer sur l'équipement mobile -7

## Détection de proximité par les technologies d'analyse d'image (a)

1. Capture d'images par une caméra et leur analyse par un ordinateur
2. Enregistrement permanent des images
3. Un algorithme modélisant le contenu de l'image sélectionnée (**contour**, **couleur**, **texture**) et le comparant aux images prises avant



Une prise de décision est basée sur des algorithmes en 2 étapes :

- Présélectionner rapidement par filtrage les parties de l'image qui représentent potentiellement un piéton qui correspond à une couleur homogène ou un ensemble de points situés dans un même plan
- Focaliser les outils de calcul sur chacune des sections d'images retenues à l'étape précédente

# Technologies à embarquer sur l'équipement mobile -8

## Détection de proximité par les technologies d'analyse d'image (b)

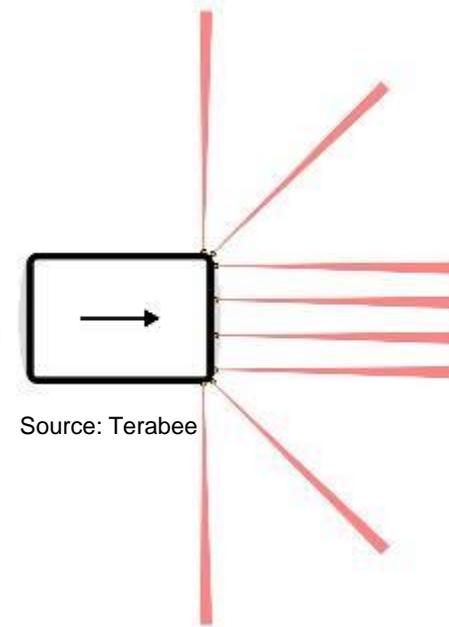
<b>Zone de détection</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- La zone de détection (géométrie et dimensions), ainsi que la distinction personnes/objets dépendent de la technologie employée</li><li>- Le champ de détection en fonction de la position de la caméra, de son orientation et ses caractéristiques optiques</li><li>- Plusieurs zones de détection simultanée en fonction du nombre de caméras installées</li></ul>
<b>Capacité de détection</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Elle est influencée par plusieurs paramètres :<ul style="list-style-type: none"><li>• La résolution et la sensibilité du capteur</li><li>• La technologie d'acquisition d'image (couleur, niveaux de gris, thermiques, etc.)</li><li>• L'éclairage et l'encombrement du milieu de travail</li><li>• La méthode d'analyse d'image (contour, couleur, texture)</li><li>• La capacité de distinction de l'algorithme</li></ul></li></ul>
<b>Matériel spécifique</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- L'équilibre à trouver entre les temps de réponse (la complexité des calculs) et la précision du système</li></ul>
<b>Données techniques</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- La portée du système dépend de la technologie optique (quelques cm à une dizaine de mètres)</li><li>- Le temps de réponse dépend de la technologie d'imagerie et son algorithme</li></ul>
<b>Limites d'utilisation</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Perturbée par les paramètres de l'environnement (la pluie, la neige, les fortes lumières, la poussière et la fumée)</li><li>- Perturbée par la posture de la personne, la similitude de la couleur de l'objet et celle du fond de l'image</li><li>- Incapacité de certaines techniques de distinguer une personne immobile des objets</li></ul>

Caractéristiques des technologies de détection de proximité par l'analyse d'image

# Technologies à embarquer sur l'équipement mobile -9

## Détection de proximité par les technologies de balayage laser (a)

1. Exploitation de la réflexion d'un faisceau laser IR sur les obstacles
2. Émission d'une impulsion lumineuse vers une direction fixe
3. Calcul de la distance avec l'obstacle à partir du temps entre l'émission de l'impulsion et la réception de la réflexion



- Le balayage complet d'un secteur à l'aide du décalage des rayons de laser d'une valeur angulaire donnée associé à un mécanisme répétitif
- Principalement basé sur un balayage circonférentiel dans le sens latéral
- Une zone circulaire de balayage dans le sens vertical dans certains systèmes

# Technologies à embarquer sur l'équipement mobile -10

## Détection de proximité par les technologies de balayage laser (b)

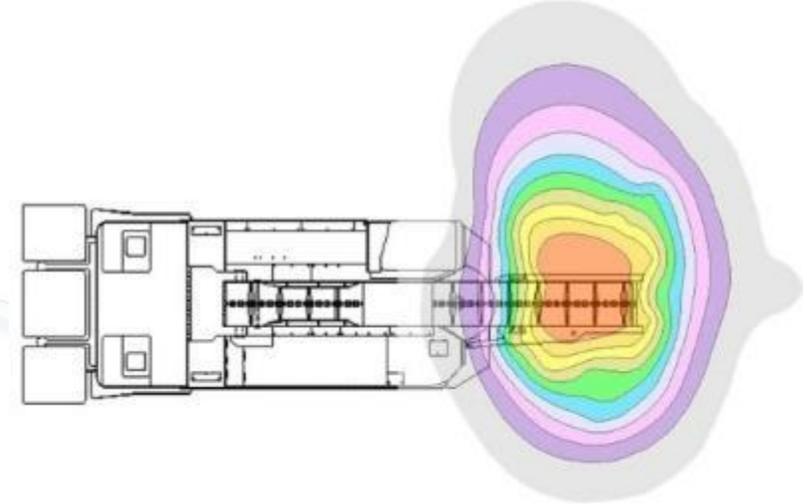
<b>Zone de détection</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Une ou plusieurs zones programmables avec le même système</li><li>- Des formes relativement complexes en fonction de la configuration du travail de l'équipement - Balayage circconférentiel de 100° à 180°</li></ul>
<b>Capacité de détection</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Influencée par la forme, la taille et l'orientation de l'objet</li><li>- Dépend du coefficient de réflexion de l'obstacle et sa distance avec le capteur</li></ul>
<b>Matériel spécifique</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Une détection optimale assurée par la résolution angulaire</li><li>- Un repérage efficace dépend de la sensibilité et le filtrage du capteur optique du système</li></ul>
<b>Données techniques</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Une portée minimale de 1 à 30 m selon le réglage ou le type du système</li><li>- Une portée maximale allant jusqu'à 80 m (pouvant limiter la réflectivité des obstacles)</li><li>- Un temps de réponse de ms à quelques secondes</li></ul>
<b>Limites d'utilisation</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Un risque élevé d'erreur de détection avec la présence de toute perturbation (neige, brouillard, pluie, fumée, poussière) sur le trajet des faisceaux.</li><li>- Erreur de détection induite<ul style="list-style-type: none"><li>• Par la présence de lumière directe dans l'axe de l'optique ou un l'obstruction par un objet</li><li>• Par des objets avec des coefficients de réflexion très faibles ou trop forts (des objets très sombres ou très réfléchissants)</li></ul></li><li>- Nécessité d'un paramétrage délicat et permanent</li></ul>

Caractéristiques des technologies de détection de proximité par balayage laser

# Technologies à embarquer sur l'équipement mobile -11

## Détection de proximité par les technologies électromagnétiques (a)

1. Création de champs magnétiques autour de l'engin par des générateurs embarqués
2. Présence de marqueurs dotés de capteur sur les piétons capables de détecter le signal envoyé



Source: HASARD - Un système d'avertissement de proximité électromagnétique par NIOSH (<https://www.cdc.gov/niosh/mining/content/electricalandmachinesafety/proximity/hasard.html>)

- L'estimation de la distance avec l'obstacle à l'aide du calcul de la magnitude totale de la densité de flux magnétique renvoyé
- Un système composé généralement de plusieurs générateurs (alimentés en permanence et, ou pulsés de manière séquentielle ou aléatoire)
- Création d'une zone de détection de géométrie variable grâce à la présence de plusieurs générateurs

# Technologies à embarquer sur l'équipement mobile -12

## Détection de proximité par les technologies électromagnétiques (b)

<b>Zone de détection</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Les zones définies (formes et gradeurs) à partir de la configuration des champs électromagnétiques</li><li>- Plusieurs zones de détection de dimensions variées avec le même système</li><li>- Possibilité de la création des zones avec des formes complexes</li></ul>
<b>Capacité de détection</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Un champ magnétique stable pour une précision des calculs de proximité</li><li>- Détection des personnes avec différentes postures (assis, allongé, etc.)</li><li>- Détection simultanée de plusieurs personnes</li></ul>
<b>Matériel spécifique</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Étalonnage des paramètres des champs magnétiques en fonction des opérations de l'équipement et le déploiement des travailleurs piétons</li></ul>
<b>Données techniques</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Une portée minimale de 10 à 30 m</li><li>- Un temps de réponse inférieur à 0,5 s</li></ul>
<b>Limites d'utilisation</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- La distribution du champ magnétique modifiée par les pièces métalliques (y compris celles de l'équipement mobile)</li><li>- Influence des changements de température sur les le composants du système et le courant dans le générateur</li><li>- Difficulté dans la création des zones très ajustées autour des grosses machines, aux formes irrégulières et aux pièces articulées.</li><li>- Interférence avec le champ magnétique généré par le courant électrique dans les câbles à proximité</li></ul>

Caractéristiques des technologies de détection de proximité par champ magnétique

# Fournisseurs des systèmes de détection de proximité -1

Technologie	Principe	Compagnie	Secteur
Radiofréquence	RFID passif	Body Guard Safety	Construction, entrepôt, atelier
		Caterpillar	Construction
	RFID actif	Claitec	Entrepôt, atelier (chariot élévateur)
		Advanced Microwave Engineering	Entrepôt, atelier (chariots élévateurs)
		Newtrax	Mines souterraines de roche dure
		Eleksen	Construction, mines, services publics, logistique, pétrole et du gaz, ferroviaire
		Zone safe	Construction, mines, déchets et recyclage, logistique, ports et terminaux, aéroports
	Interaction entre les signaux radio ultra large bande (ULB) générés par le lecteur et un marqueur placé sur le piéton	Kigistec	Construction, entrepôt, atelier, mines, ports
Radiofréquence de large bande sur bande étroite <i>(Wide-over-Narrowband RF)</i>	Essensium	Entrepôt, atelier (chariots élévateurs)	
Radiocommunications dédiées à courte portée (DSRC)	Modular Mining Systems	Industrie minière	
Radar	Radar à différentes portées	Preco Electronics	Construction, mines, transport, déchets et recyclage, services publics

# Fournisseurs des systèmes de détection de proximité -3

Technologie	Principe	Compagnie	Secteur
Ultrason	Capteurs à ultrason	Safety Improvement Systems	Entrepôt, atelier (chariots élévateurs)
		Kigistec	Construction, entrepôt, atelier, mines, ports
Imagerie et analyse d'image	Vidéosurveillance avec plusieurs caméras permettant des vues panoramiques	Caterpillar	Construction
	Traitement d'image	Safety shield global	Construction, déchets et recyclage, agriculture, automobile, transport et distribution, aéroport, port maritime, entrepôt
		Hitachi Construction Machinery	Construction
	Imagerie thermique	Provix Inc	Construction, mines
	Capture d'image en 3D utilisant une lumière infrarouge modulée	Ifm Electronics	Construction, mines, aviation, agriculture
Électromagnétique	Interaction des ondes électromagnétiques (proches et codées) envoyées par l'émetteur installé sur le véhicule associé avec le module porté par le piéton qui détecte le champ magnétique ou qui émet aussi un champ magnétique à son tour	Strata worldwide	Construction, mines, forage de tunnel
		Proxipi	Construction, logistique
		Savex	Construction, transport, logistique, manutention
		Matrix Design Group LLC	Industrie minière
		GE Transportation	Mine souterraine
		Komatsu	Mines souterraines et à ciel ouvert

# Fournisseurs des systèmes de détection de proximité -3

Technologie	Principe	Compagnie	Secteur
Combinaison de plusieurs technologies	Combinaison d'ondes radio UHF avec le radar et les ondes électromagnétiques	Becker Mining Systems	Industrie minière
	Association de capteurs radar et des caméras	Guardvant	Industrie minière
	Infrastructure basée sur la combinaison de GPS avec les ondes RF, les ondes électromagnétiques à très basse fréquence et les caméras	GE Transportation	Mines à ciel ouvert
	Systèmes radiofréquences associés au GNSS (Système de positionnement par satellites)	Hexagon mining	Industrie minière
	Combinaison de radar avec plusieurs caméras de surveillance	Caterpillar	Construction, mines
	Association du traitement d'image et d'une technologie de radar à ondes millimétriques	Hitachi Construction Machinery	Construction
	Combinaison de caméras avec des radars	Preco Electronics	Construction, mines, transport, service public, déchet et recyclage
	Combinaison de GPS avec le Bluetooth et le scrutateur par signal lumineux	Blue Electronics	Construction de bâtiments, Construction civile, exploitation minière, surveillance
	Combinaison de la RFID, le GPS, l'électromagnétique et le radar bidirectionnel	PBE Group	Construction, mines

# Fournisseurs des systèmes de détection de proximité -4

## Répartition des systèmes recensés selon la technologie déployée

Technologie radiofréquences	30%
Combinaison de plusieurs technologies	27%
Technologie électromagnétique	18%
Traitement d'image	15%
Technologie à ultrasons.	6%
Le scrutateur par signal lumineux*	4%



Source: zonesafe.net

# Discussion et conclusion -1

## Disponibilité des systèmes de détection de proximité

- Le plus grand nombre de solutions dédiées à l'industrie des mines
  - Obtention des approbations et des numéros de certificat (ex. par MSHA)
  - Facilité par les processus établis concernant le mouvement des personnes et des équipements
  - Volonté initiale de protéger des équipements mobiles généralement très dispendieux
  - Pourtant des travaux de recherche continuent sur les limites et les portées des technologies
- Nécessité des démarches d'adaptation d'un équipement à l'autre ou pour l'implémentation dans un nouveau secteur industriel
- Les prix des systèmes varient selon l'engin à équiper
  - Selon la taille et la forme du véhicule, plusieurs antennes ou capteurs nécessaires à la configuration du système
  - Une phase de travaux préliminaires ou une étude de la faisabilité proposée par les fournisseurs
  - Même pour les chariots élévateurs, le nombre d'engins, la superficie à couvrir et le nombre de travailleurs à surveiller

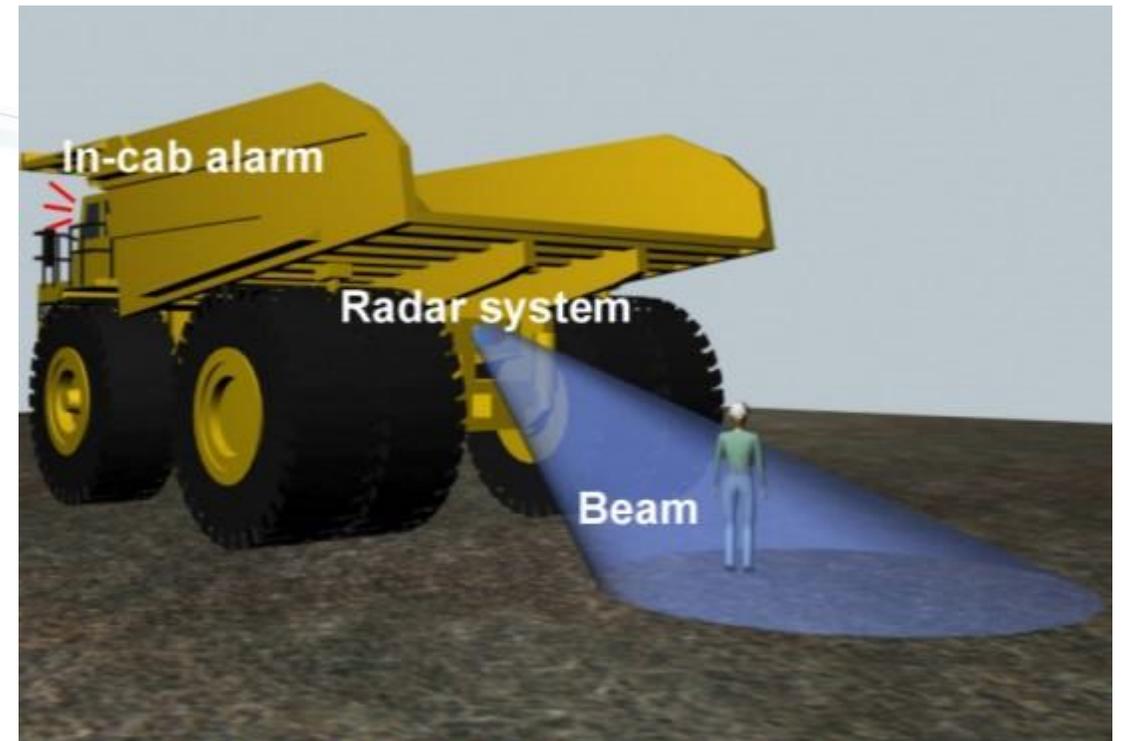
# Discussion et conclusion -2

## Portée technologique des systèmes de détection de proximité

- Distinction précise des piétions grâce au port de marqueurs ou les technologies de traitement d'image
- Les technologies à base de marqueurs demeurent efficaces dans diverses conditions environnementales
- La possibilité de la création de zones de détection avec des géométries variables grâce à la technologie électromagnétique
- Toutes les technologies présentent un certain nombre de limites
- Une grande tendance technologique favorisant les plates-formes multicateurs intégrant plusieurs éléments de détection ou de technologies complémentaires afin de créer un effet synergique et de contourner les limites des techniques existantes
- Il s'agit d'un système d'assistance et il ne remplace en aucun cas les bonnes pratiques de sécurité et la vigilance des opérateurs

Merci pour votre attention

Des questions ?



Source: Overview of Proximity Warning System Technology and Approaches  
(<https://www.cdc.gov/niosh/mining/workshops/proximityworkshop2010.html>)