RISKOPILOT

Le temps d’agir

Ce que la technologie peut et ne peut pas apporter aux contrôles critiques

Une revue des données probantes pour les comités exécutifs et les conseils d’administration des secteurs à haut risque. Huit familles d’événements mortels, six investigations officielles, un test d’investissement et les conditions de leadership qui rendent la protection possible.

RISKOPILOT RESEARCH
SERIE CONTROLES CRITIQUES
BRUNO HOUNKPATI

NOVEMBRE 2026
RISKOPILOT.COM

A PROPOS DE CE RAPPORT

Ce qu'est ce rapport, et ce qu'il n'est pas

Ceci est une revue des données probantes, assortie d'une méthode de décision. Elle lit la recherche publiée et six investigations officielles, puis en tire un test utilisable par un comité d'investissement et six conditions que les dirigeants doivent créer.

Elle ne contient aucune donnée de terrain nouvelle. Riskopilot n'a acheté ni testé aucun équipement pour l'écrire. Quand nous proposons quelque chose, la page le dit.

Le rapport prolonge la méthode Riskopilot de santé des contrôles critiques (CCHI). Le CCHI vérifie les contrôles avant l'exposition. Ce rapport traite la question suivante : quand un contrôle est mis à l'épreuve ou défaille pendant le travail, quelque chose donne-t-il aux personnes le temps d'agir ?

Comment lire les étiquettes

FAIT Un constat tiré d'une source nommée, avec sa date et son périmètre.

INFERENCE Notre lecture de ce que les faits impliquent.

ILLUSTRATION Un exemple ou un chiffre inventé, pour expliquer une méthode.

RECOMMANDATION Ce que nous conseillons aux comités exécutifs et aux conseils d'administration.

Les petits numéros dorés renvoient au registre des sources, pages 42 à 44.

À qui il s'adresse

Aux comités exécutifs et aux conseils d'administration qui approuvent les budgets de technologies de sécurité, et aux responsables d'exploitation, d'ingénierie et HSE qui doivent faire en sorte que ces budgets protègent.

Sommaire

Synthèse 03
Figure 1. Un tombereau, sept jours, 580 alarmes 06
Dans le prolongement du CCHI 07
Partie 1. Ce que les preuves permettent d'affirmer 08
Partie 2. Le test d'investissement 12
Partie 3. Huit familles d'événements mortels 19
Partie 4. Six investigations 24
Partie 5. Huit fonctions technologiques 28
Partie 6. Ce que les dirigeants doivent créer 31
Un plan à 90 jours 40
Ce qui changerait ces recommandations 41
Registre des sources 42
Note de vérification, auteur et licence 45

Périmètre et transposition

L'essentiel des études publiées vient du bâtiment et des mines, aux États-Unis et au Royaume-Uni. Dans les mines, la cimenterie, l'énergie et l'industrie lourde, en Afrique comme en Europe, chaque constat est une hypothèse à tester sur votre site et dans votre droit. La page 41 en fixe les limites.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

SYNTHESE

Financez le contrôle qui supprime l'exposition. Testez ensuite ce qui reste.

La technologie de sécurité se vend sur ce qu'elle détecte. Ce qui protège les personnes vient après : quelqu'un agit, à temps, et le travail est mis en sécurité. Les études publiées en disent long sur le premier point et presque rien sur le second.

La décision

RECOMMANDATION Avant d'approuver un système de surveillance ou d'IA face à un risque mortel, exigez du porteur du projet qu'il franchisse cinq portes (page 13). La première arrête la plupart des dossiers : si un réaménagement, une reconception ou une autre méthode de travail supprime l'exposition, financez cela.

Là où l'exposition subsiste, n'approuvez un pilote délimité que si l'équipe sait nommer l'exposition résiduelle, la décision que l'information changerait et la personne en mesure d'agir pendant le poste le plus difficile.

Refusez tout dossier dont l'indicateur de réussite est le nombre d'appareils installés.

Pourquoi

FAIT Dans une étude de terrain du NIOSH, un radar monté sur un tombereau minier a déclenché une alarme lors de 94 % des 618 marches arrière observées en sept jours. Il n'a rien manqué. Seules 235 des 580 alarmes, soit 41 %, appelaient une action immédiate ou une prudence accrue.[1]

INFERENCE Un système peut avoir techniquement raison presque chaque fois et n'apporter presque rien à la décision du conducteur.

Cinq constats

1. Les preuves de résultat sont minces. FAIT Une revue cartographique de 2023 a examiné 392 références sur les dispositifs numériques de sécurité dans la construction et en a retenu 24. La plupart n'apportaient que peu ou pas de preuves d'une amélioration des conditions de travail ou d'une baisse des accidents.[2]

2. La détection n'est qu'une des quatre choses à prouver. INFERENCE Détection, action à temps, exposition réduite, accidents évités : chacune exige ses propres preuves. Un résultat obtenu à un niveau ne vaut pas pour un autre.

3. Une alarme a une échéance et un destinataire. FAIT Le régulateur britannique le rappelle : le réglage des alarmes doit laisser à l'opérateur le temps de réagir, et chaque alarme doit avoir une réponse définie.[11]

4. Les investigations constatent rarement l'absence de signal. INFERENCE Dans cinq des six cas étudiés ici, une alarme a retenti, des dégâts étaient visibles ou un test avait été réalisé avant l'accident. Ce qui a manqué, c'est l'autorité, la compétence ou la vérification.[5, 6, 8, 23, 24]

5. Ce sont les opérateurs qui décident si le système fonctionne. FAIT Dans un sondage américain, 59 % des ouvriers de chantier interrogés refuseraient de porter volontairement un dispositif de géolocalisation.[4]

La question à poser en comité exécutif

« Prenons le dernier contrôle qui a failli sur l'un de nos sites. Que nous a-t-il manqué : un signal à temps, une personne qualifiée pour agir, ou l'autorité et l'argent pour rétablir la protection ? » Financez la réponse.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

SYNTHESE

Ce que les dirigeants doivent mettre en place

La technologie peut faire gagner du temps. Encore faut-il que quelqu'un soit en place, compétent et habilité à s'en servir. Cela, ce sont les dirigeants qui le décident, le plus souvent bien avant le jour J.

Trois leçons pour les dirigeants

1. Le signal est rarement ce qui manque. INFERENCE Dans cinq investigations officielles sur six, une alarme a retenti, des dégâts étaient visibles ou un test avait été réalisé avant l'accident.[5, 6, 8, 23, 24]

2. Une autorité partagée par tous n'est exercée par personne. FAIT Sur la passerelle de Floride, les fissures étaient documentées et cinq parties prenantes n'ont ni arrêté les travaux ni fermé la route.[6]

3. Les décisions prises loin du terrain fixent les conditions sur le terrain. FAIT À Texas City, des coupes budgétaires de 25 % ont précédé la suppression d'un poste d'opérateur de salle de contrôle. Les opérateurs avaient enchaîné au moins 29 postes de 12 heures.[23]

Ce qu'ajoute la recherche

FAIT Dans une étude randomisée, un retour fait aux chefs d'équipe sur leurs échanges quotidiens avec leur équipe a amélioré les comportements et les résultats d'audit.[26] Dans une autre, les visites de dirigeants ont dégradé la perception de progrès par le personnel, sauf lorsque les dirigeants se chargeaient eux-mêmes de régler les problèmes signalés.[27]

Aucune étude n'a montré qu'une pratique de leadership réduit les accidents mortels. La page 32 en précise les limites.

Six conditions, six tests pour le comité exécutif

CONDITION	QUESTION A POSER
1. Une autorité confiée à une personne nommée	Qui peut arrêter ce travail un dimanche à 2 h du matin ? Un nom, un suppléant.
2. Une personne compétente pendant le poste le plus difficile	Quelle mission cette réduction laisse-t-elle sans titulaire ?
3. Aucune pénalité pour un arrêt	Qui a supporté le coût du dernier arrêt ?
4. Les mauvaises nouvelles remontent	Qu'a entendu le comité exécutif, la dernière fois, au sujet d'un contrôle critique défaillant ?
5. Les moyens de rétablir	Qui peut engager une dépense aujourd'hui pour réparer ?
6. Une vérification indépendante	Combien de contre-vérifications ont révélé une validation à tort ?

Les preuves pour chaque condition figurent pages 34 et 35.

La part du dirigeant

Avant chaque réduction, demandez quelle mission reste sans titulaire. Réglez ce que l'on vous signale. Cessez de lire le taux d'accidents comme une preuve de maîtrise. Vérifiez ce que vous récompensez. Mettez un nom et un suppléant sur chaque décision d'arrêt, répétez-la en exercice et réservez un bon accueil au premier arrêt.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

SYNTHESE

Que faire dans les 90 prochains jours

Quatre décisions, chacune avec un responsable et un critère de réussite. Le plan complet figure page 40.

DECISION	RESPONSABLE	ECHEANCE	CRITERE DE REUSSITE
Reconstituer un contrôle défaillant	Directeur de site, avec le HSE	Jours 1 à 15	Un cas récent, retracé du premier signal jusqu'au rétablissement vérifié. Le comité exécutif voit quand l'exposition a cessé, qui a autorisé la réparation et ce que le poste suivant a vérifié.
Faire passer chaque projet technologique en cours par les cinq portes	Président du comité d'investissement	Jours 15 à 45	Chaque dossier nomme l'exposition, la meilleure solution classique sur le même périmètre, la personne qui agit et le coût sur toute la durée de vie. Les projets qui échouent à la porte 1 deviennent des budgets de reconception.
Tester les six conditions de leadership	DG et comité exécutif	Jours 1 à 90	Le cas reconstitué soumis aux six tests. Une carte d'autorité avec un nom et un suppléant pour chaque risque mortel. Un arrêt hors heures ouvrées répété en exercice et chronométré.
Mener un seul pilote délimité, ou aucun	Directeur des opérations, avec l'autorité technique	Jours 45 à 90	Critères d'acceptation signés avant les essais. Résultats présentés avec leurs dénominateurs : détections manquées, alertes tardives, alarmes intempestives par heure, temps passé en état inconnu. Une décision écrite : adopter pour l'usage testé, reconcevoir ou retirer.

Ce que ce rapport ne vous dira pas

Quel produit acheter. Il parle de fonctions, pas de marques. Il ne donne pas non plus de pourcentage de réduction des accidents : la recherche n'en fournit pas.

Sa place dans la méthode Riskopilot

Avant le début du travail, le CCHI demande si chaque contrôle critique d'une trajectoire d'énergie mortelle est vérifié.[20]

Ce rapport applique la même discipline à la technologie. Un capteur qui alerte se situe bas dans la hiérarchie des mesures de maîtrise. Il ne mérite un investissement qu'une fois les options supérieures chiffrées et écartées.

Ce qui changerait notre avis

Une étude de terrain contrôlée montrant qu'une fonction d'alerte précise réduit l'exposition à volume de travail comparable, sur des équipements et dans des conditions proches des vôtres, justifierait d'aller plus vite que ne le recommande ce rapport. Nous n'en avons trouvé aucune pour les fonctions étudiées. La page 41 énumère les autres déclencheurs.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

FIGURE 1 · ENGINS MOBILES

Un tombereau, sept jours, 580 alarmes

La meilleure étude de terrain que nous ayons trouvée sur l'alerte de proximité montre pourquoi un essai d'achat a besoin de deux dénominateurs : combien de fois le système parle, et combien de fois le conducteur a besoin de l'entendre.

FIGURE 1

Le radar n'a rien manqué. L'essentiel de ce qu'il a dit n'appelait aucune action.

618 marches arrière en sept jours



Ce que les 580 alarmes signifiaient pour le conducteur



Alarmes manquées : 0

Le radar a vu ce qui était là. Six alarmes sur dix ne demandaient pourtant rien au conducteur.

Répartition en trois : calcul Riskopilot à partir du tableau 1 et de la section 4,1 de l'article (235 + 243 + 102 = 580).

FAIT Source : T. Ruff, « Evaluation of a radar-based proximity warning system for off-highway dump trucks », Accident Analysis & Prevention 38 (2006), p. 92 à 98, tableau 1 et section 4.1. Laboratoire de recherche de Spokane du NIOSH. Un tombereau de grande capacité dans une mine de cuivre à ciel ouvert de l'Arizona, sept jours d'exploitation normale, après deux ans de mise au point avec le fabricant. Alarmes classées à partir de la vidéo. L'étude n'a pas mesuré les accidents. [1]

Ce que cela veut dire

INFERENCE Un fournisseur peut affirmer sans mentir : zéro détection manquée sur cette installation. Le conducteur du même engin entend une alarme à presque chaque marche arrière et apprend que la plupart peuvent être ignorées. Les deux phrases décrivent les mêmes sept jours.

FAIT L'auteur lui-même conclut que les capteurs doivent être associés à des caméras, pour que l'opérateur puisse vérifier l'origine et l'urgence d'une alarme. [1]

Ce qu'il faut demander au fournisseur

RECOMMANDATION Demandez les deux dénominateurs, sur des engins comme les vôtres.

- Sur l'ensemble des mouvements, combien ont déclenché une alerte ?
- Sur l'ensemble des alertes, combien exigeaient une action de l'opérateur ?
- Comment les périodes sans alerte ont-elles été échantillonnées pour trouver les rencontres manquées ?
- Peut-on exporter chaque alerte horodatée ?

Un système incapable de répondre à la deuxième question n'a pas été testé sur ce que vous achetez.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

METHODE

Dans le prolongement du CCHI

Le CCHI répond à une question avant l'exposition : chaque contrôle critique est-il vérifié ? Ce rapport suit la même trajectoire dans le travail, jusqu'au moment où un contrôle est mis à l'épreuve.

FIGURE 2

Trois moments sur une même trajectoire d'énergie mortelle

AVANT L'EXPOSITION

Le verrou

Chaque contrôle critique vérifié présent, fonctionnel et utilisé, ou la tâche s'arrête. Traité par la méthodologie CCHI et son guide de déploiement.

PENDANT LE TRAVAIL

L'épreuve

Les conditions changent. Un contrôle est franchi ou se dégrade. Un signal atteint-il à temps quelqu'un qui peut agir ? **Ce rapport.**

APRES UNE DEFAILLANCE

Le rétablissement

Qui vérifie la réparation, qui libère le travail, qui finance. Introduit page 38 et développé dans le prochain rapport de la série.

Cadrage Riskopilot. Le verrou est décrit dans la proposition de méthodologie CCHI, revue le 16 septembre 2026. [20]

Ce qui vient du CCHI

Une preuve qui n'est qu'un document ne compte pas. FAIT Au verrou CCHI, un contrôle est vérifié ou ne l'est pas, et un simple document ne le vérifie pas. [20] INFERENCE Il en va de même d'un tableau de bord. Une tuile verte est un enregistrement. L'état protégé est un fait physique que quelqu'un doit établir.

La hiérarchie des mesures de maîtrise passe d'abord. FAIT Le CCHI classe les barrières de l'élimination jusqu'aux équipements de protection, parce que les mesures les plus hautes dépendent moins d'une personne agissant correctement à l'instant du risque. [20] INFERENCE Une alerte en dépend entièrement. Sa place est en bas de l'échelle. Un système qui arrête lui-même la machine est une autre mesure, placée plus haut.

Ce que ce rapport ajoute

Un test pour la technologie. Cinq portes qui disent si une fonction de surveillance mérite un pilote, et ce qui vaudrait réussite (page 13).

Une façon de mesurer le temps. Une alerte n'est utile que si la détection, la reconnaissance et l'arrêt tiennent dans le temps disponible (page 14).

Des statistiques honnêtes pour les petits pilotes. Ce que montre, et ne montre pas, une série de 30 essais sans échec (page 15).

Une fonction de surveillance qui réussit le test peut compléter la vérification dans la boucle L.O.C.K. Elle ne gagne des points de protection que si l'autorité technique du site la reconnaît comme contrôle critique et la soumet au verrou. [20]

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

PARTIE 1

Ce que les preuves permettent d’affirmer

Deux revues systématiques, une étude de terrain et une revue récente de la vision par ordinateur. Ensemble, elles justifient de tester des fonctions choisies. Elles ne justifient pas d’équiper une flotte.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

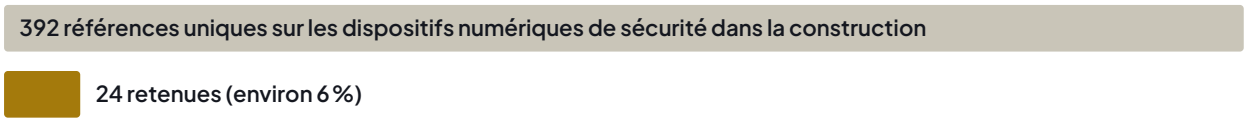
PARTIE 1 · LES DONNEES PROBANTES

Beaucoup de technologie, peu de preuves de protection

Les synthèses les plus solides que nous ayons trouvées convergent. La recherche sur les technologies de sécurité consiste surtout à les construire. Les preuves qu'elles protègent les personnes au travail sont rares.

FIGURE 3

Ce qu'a retenu une recherche systématique sur les dispositifs numériques de sécurité dans la construction



La plupart des 24 portaient sur la mise au point de la technologie.
Elles apportaient peu ou pas de preuves de meilleures conditions de travail ou d'une baisse des accidents.

FAIT Source : C. Trask et H. Linderoth, « Digital technologies in construction: a systematic mapping review of evidence for improved occupational health and safety », Journal of Building Engineering 80 (2023), 108082. Ces chiffres décrivent la sélection de cette revue, pas celle de ce rapport. [2]

Le tableau d'ensemble n'est pas plus solide

FAIT La revue Cochrane sur la prévention des accidents chez les travailleurs de la construction a inclus 17 études : 14 séries temporelles interrompues et trois études contrôlées avant-après. Sa recherche s'arrête à avril 2017. Ses auteurs jugent le niveau de preuve très faible. [3]

FAIT Pour la plupart des études, ils n'ont pas pu établir que l'intervention, plutôt qu'un autre changement survenu au même moment, expliquait l'évolution observée. [3]

INFERENCE C'est le problème central de tout pilote sur site. L'aménagement, la formation et la technologie changent le plus souvent ensemble. La page 16 montre comment les séparer.

Vision par ordinateur : de bons bancs d'essai, peu de validation sur le terrain

FAIT Une revue de la surveillance automatisée des chantiers publiée en 2026 relève des lacunes dans la validation en conditions réelles, dans la généralisation des jeux de données et dans la normalisation des mesures. [9] Nous en avons lu le résumé, les points clés et l'introduction, pas le texte intégral.

INFERENCE Un modèle bien noté sur un banc d'essai a été testé sur des images proches de celles qui l'ont entraîné. Votre site au crépuscule, dans la poussière, avec les engins d'un nouveau sous-traitant, est un autre test.

Notre conclusion. RECOMMANDATION Conservez les protections existantes. Testez des fonctions choisies par rapport à elles. N'accordez aucun crédit de sécurité à un nouveau système tant que le site n'a pas démontré une action fiable, l'adhésion du personnel et une performance maintenue.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

PARTIE 1 · NIVEAU DE PREUVE

Quatre niveaux de preuve, quatre dénominateurs

Une personne s'engage sur un passage. Une caméra classe une image. Une alarme atteint la cabine. Le conducteur l'interprète. L'engin s'arrête. Un score de banc d'essai ne mesure qu'un maillon de cette chaîne.

FIGURE 4

Chaque marche exige ses propres preuves. La plupart des affirmations s'arrêtent au niveau 1.



INFERENCE Cadre Riskopilot, construit sur les lacunes relevées par les sources 1, 2, 3 et 9. La ligne du bas indique d'où viennent d'ordinaire les preuves à chaque niveau.

Comment utiliser l'échelle

RECOMMANDATION Demandez à chaque porteur de projet et à chaque fournisseur quel niveau atteignent ses preuves, et avec quel dénominateur.

- **Niveau 1** : les rencontres éligibles, chacune comparée à une référence indépendante.
- **Niveau 2** : les rencontres où la bonne action s'est achevée avant le dernier moment sûr.
- **Niveau 3** : les expositions par unité de travail comparable (mouvement, entrée, levage).
- **Niveau 4** : une population et une durée suffisantes pour des événements rares. Un site seul ne les a pas.

La cible réaliste est le niveau 3

INFERENCE Pour un site, la meilleure preuve accessible est le plus souvent un résultat intermédiaire observable. Un croisement a été supprimé. Une consignation défectueuse a été repérée avant l'entrée. Une alarme a provoqué un retrait à temps.

RECOMMANDATION Présentez ces résultats avec leurs dénominateurs, les conditions observées et les autres explications plausibles. Notez la phase de travaux, la météo, la composition de la flotte et le volume de livraisons, car l'exposition varie avec chacun.

Traitez les accidents graves, rares, comme un élément de contexte. Un pilote court sur un seul site ne peut pas estimer des vies sauvées. Un rapport qui le prétend doit être renvoyé.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

PARTIE 1 · METHODE ET LIMITES

Comment cette revue a été menée

Une revue ciblée, et non systématique. Nous le disons parce que la différence compte pour le poids qu'un comité exécutif peut lui accorder.

Ce que nous avons fait

Nous avons cherché, dans des sources en anglais, des preuves sur l'alerte de proximité, les dispositifs portés, la vision par ordinateur, les permis numériques et l'évaluation sur le terrain des technologies de sécurité, dans la construction et les activités dangereuses. Nous y avons ajouté des recherches par type d'événement auprès des régulateurs, des organismes d'investigation et de normalisation.

Chaque source a été retenue pour sa pertinence face à une affirmation précise. Les revues étayent ce que nous disons de l'état général des preuves. Une étude de terrain éclaire un cas d'usage. Les investigations établissent une séquence documentée.

Chaque chiffre de ce rapport a été retracé jusqu'à sa source d'origine le 19 novembre 2026. Quand une seconde source indépendante existe, nous l'avons consultée. La note de vérification, page 45, indique ce qui repose sur une source unique.

Ce que nous n'avons pas fait

- Aucune estimation agrégée de l'effet. Les études sont trop différentes.
- Pas de second relecteur pour la sélection des sources.
- Aucun achat ni essai physique d'équipement.
- Aucune donnée de site. Tout chiffre d'exemple est signalé comme illustration.

Où cette revue risque de se tromper

LIMITE	EFFET PROBABLE
Sources en anglais, indexées publiquement	Sous-représente les régulateurs et la recherche en français, en espagnol, en portugais et dans d'autres langues.
Investigations américaines et britanniques	Obligations légales, modes de sous-traitance et contrôle diffèrent ailleurs.
Études publiées seulement	Les déploiements commerciaux ratés sont rarement décrits. Le bilan réel peut être plus faible.
Construction et mines à ciel ouvert	À retester pour le souterrain, les procédés et le maritime.
Certains articles lus au niveau du résumé	Signalés dans le registre des sources. Le texte intégral pourrait nuancer notre lecture.

Comment contester ce rapport

Si vous détenez une source qui contredit une conclusion, notez son comparateur, son dénominateur, son environnement et son résultat, et envoyez-la à contact@riskopilot.com. Une nouvelle version d'un produit change ce qui est disponible. Elle ne change pas, à elle seule, la preuve que cela fonctionne.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

PARTIE 2

Le test d’investissement

Cinq portes, un budget de temps et les statistiques des petits pilotes. Ce qu’il faut à un comité d’investissement pour distinguer une fonction qui protège d’un enregistrement coûteux.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

PARTIE 2 · LE TEST DE CONTRIBUTION TECHNOLOGIQUE

Cinq portes avant d'engager un euro

RECOMMANDATION Une méthode proposée. Faites passer chaque projet par les portes, dans l'ordre. Un «non» à l'une d'elles clôt le dossier technologique. La porte 1 porte une échéance, pour que le test ne devienne pas une raison de ne rien faire.

FIGURE 5

Le test de contribution technologique



Proposition Riskopilot. La porte 1 applique la hiérarchie des mesures de maîtrise. La porte 3 suit les recommandations du régulateur : une alarme doit laisser le temps de réagir. [11, 20]

PORTE	PREUVES QUE LE PORTEUR DU PROJET DOIT APPORTER	ECHEC SI
1. Supprimer	La reconception crédible la moins coûteuse, chiffrée sur le même périmètre, avec une date de suppression fixée par le comité exécutif. D'ici là, une mesure technique provisoire est due.	Aucune solution physique n'a été chiffrée, ou la reconception n'a ni date ni mesure provisoire.
2. Décider	Pour chaque alerte : un destinataire, une action attendue, une voie d'escalade. Les mêmes la nuit, le week-end et pour les sous-traitants.	Le produit est une synthèse pour l'encadrement. Elle peut servir à apprendre. Ce n'est pas une alerte.
3. Le temps	Un budget de temps mesuré ou borné, de la détection à la mise en sécurité, avec son incertitude (page 14).	La marge est négative, ou plus petite que l'incertitude.
4. Maintenir	Un responsable nommé pour le nettoyage, l'étalonnage et la revalidation. Pièces et service à portée. Un mode défini en cas de perte d'alimentation ou de réseau.	Personne sur site ne sait le remettre en service, ou l'équipe ne distingue pas une valeur périmée d'une valeur en direct.
5. Comparer	La même exposition traitée par la meilleure solution classique, sur les mêmes postes, en comptant pour les deux les bonnes décisions prises avant l'échéance.	La technologie fait jeu égal pour plus cher, ou ajoute de la charge sans changer les décisions.

Quand cesser d'investir. Si le danger est invisible pour le capteur, si le temps restant est négatif, si la référence ne distingue pas un vrai événement d'un faux, ou si l'équipe n'a pas l'autorité d'agir, n'étendez pas la surveillance. Réorientez le budget vers la séparation, la reconception ou le choix d'équipements vérifiés.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

PARTIE 2 · PORTE 3

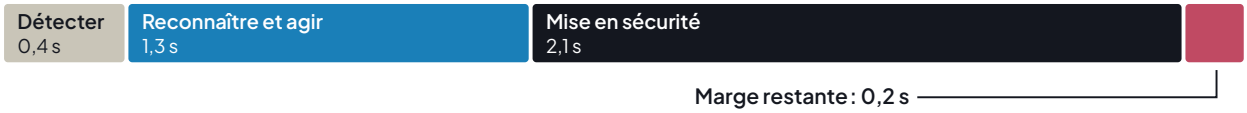
Une alerte a une échéance

Partez du dernier instant où l'engin peut encore être mis en sécurité. Remontez : arrêt, commande, reconnaissance par l'opérateur, transmission de l'alarme, détection. Ce qui reste est la marge.

FIGURE 6

Un budget de temps illustratif pour un engin en marche arrière

Temps disponible avant l'accident : 4,0 secondes (valeur inventée)



Si l'incertitude cumulée dépasse 0,2 s, ces mesures ne permettent pas d'accepter le système.
«Détecter» couvre la détection et la transmission de l'alarme. La latence d'une brochure n'en est qu'une partie.

ILLUSTRATION Toutes les valeurs sont inventées pour montrer la méthode. Aucune n'est un seuil de conception. L'autorité technique du site fixe les valeurs réelles et la marge exigée.

Comment le mesurer

RECOMMANDATION Pour un engin articulé ou en virage, prenez l'enveloppe balayée par la manœuvre. La distance en ligne droite peut masquer une exposition.

Synchronisez les horloges avant l'essai et contrôlez-les après. Quand c'est possible, mesurez directement le temps total plutôt que d'additionner des composantes. Notez si les mesures se chevauchent.

Ce que dit le régulateur

FAIT Les recommandations du Health and Safety Executive britannique sur la gestion des alarmes indiquent que leur réglage doit laisser à l'opérateur le temps d'achever sa réponse avant que la situation ne s'aggrave. Elles citent un accident de raffinerie précédé de cinq heures d'un déluge d'alarmes.[11]

Ce qu'il faut consigner pour le comité

Configuration testée. Approche et cible. Temps disponible. Total mesuré et incertitude. Marge exigée par le site. Décision d'ingénierie, avec un nom et une date.

Un système qui arrête la machine est une autre mesure

INFERENCE Retirez les 1,3 seconde de l'opérateur et la marge change du tout au tout. C'est ce que fait un système d'intervention, et cela en fait une mesure technique plutôt qu'une alerte. FAIT Depuis le 21 décembre 2022, la réglementation minière sud-africaine impose à certains engins de freiner automatiquement si l'opérateur n'agit pas.[30] Une règle américaine de 2015 l'exige des mineurs continus.[31] Des chercheurs du NIOSH ont estimé que ces systèmes auraient pu éviter 82 % des 39 accidents mortels passés qu'ils ont examinés, et ont documenté des interférences électroniques.[32] INFERENCE Nous n'avons trouvé aucune évaluation indépendante des résultats depuis.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

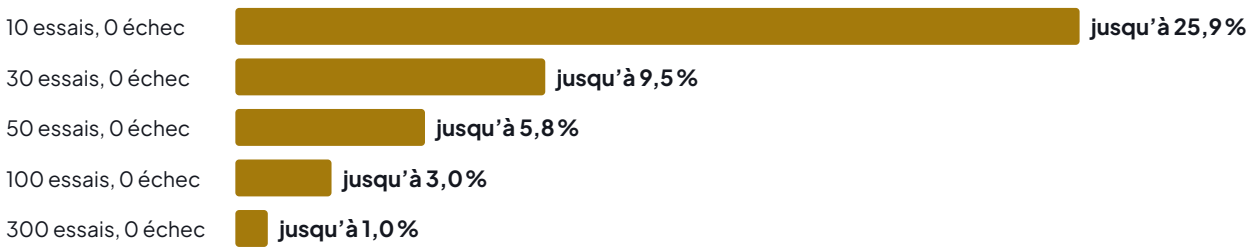
PARTIE 2 · LIRE LES RESULTATS D'UN PILOTE

Ce qu'un pilote sans échec montre, et ne montre pas

Trente essais mis en scène sans une détection manquée : cela ressemble à une preuve. Statistiquement, cela laisse encore possible un taux d'échec de près d'un sur dix.

FIGURE 7

Après une série sans échec, jusqu'où le taux réel de non-détection peut-il encore monter ?



Borne supérieure exacte unilatérale à 95 % de la probabilité réelle de non-détection : 1 – 0,05^(1/n). Suppose des essais indépendants et représentatifs

FAIT Résultat binomial exact classique, recalculé pour ce rapport. INFERENCE Répéter la même cible, au même endroit, le même jour, rassure bien moins que ne le suppose la formule.

Comptez des rencontres, pas des images

RECOMMANDATION Définissez une rencontre éligible avant l'essai. Une personne visible sur 60 images consécutives est une rencontre. Compter les images gonfle l'échantillon et masque l'incertitude.

Une alerte qui arrive trop tard est un échec de détection à temps, même si la cible a été correctement identifiée. Présentez les alertes tardives à part des détections manquées.

ILLUSTRATION Exemple : 48 alertes à temps sur 50 rencontres mises en scène, soit 96 %, avec deux alertes tardives et aucune rencontre manquée. Quatre alarmes intempestives en huit heures d'observation d'un engin, soit 0,5 par heure. Aucun de ces chiffres ne mesure des accidents évités.

Regardez là où l'alarme n'a pas sonné

RECOMMANDATION Qui ne regarde que les extraits d'alarmes ne trouvera pas les événements manqués. Associez l'observation aléatoire de périodes calmes à des essais en zone fermée. Faites trancher les désaccords par quelqu'un qui n'a aucun intérêt à la réussite du pilote.

L'asymétrie qui compte

RECOMMANDATION Une seule détection critique manquée peut justifier la suspension d'un pilote. L'inverse est faux. L'absence d'échec observé ne dit rien des conditions non testées, en particulier le travail de nuit et les configurations rares. Dites où les données sont minces.

Ce rapport ne propose ni taille d'échantillon universelle ni probabilité d'échec acceptable. L'autorité technique fixe les deux pour le site.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

PARTIE 2 · ATTRIBUTION

Ce qu'un pilote peut honnêtement revendiquer

Si l'aménagement, la formation et la technologie changent le même mois, tout progrès revient à l'ensemble. Un comité qui l'attribue à la caméra fait une inférence que les données ne soutiennent pas.

FIGURE 8

Moins de conflits peut signifier une exploitation moins sûre



Chiffres inventés. Le nombre a diminué de moitié alors que le taux a doublé.

ILLUSTRATION Comparaison illustrative. Une phase pilote avec moins de livraisons affichera moins de conflits, quoi que fasse la technologie.

Concevez d'abord la comparaison

RECOMMANDATION Séparez les dates de la reconception physique, de la formation et de l'introduction du numérique. Utilisez des zones ou des périodes comparables quand le calendrier le permet. Échelonnez un ajout consultatif entre zones semblables et notez tout effet de contagion.

Ne retirez jamais une protection établie pour créer un groupe témoin. Maintenez toutes les barrières existantes.

Avant le début du pilote, écrivez quels résultats conduiraient à reconcevoir, à étendre de façon ciblée ou à retirer.

Présentez les taux avec leur contexte

RECOMMANDATION À côté de chaque taux, indiquez la répartition des postes, la complétude de l'observation et la définition retenue d'un conflit. Une dégradation apparente peut être un meilleur comptage.

Ne récompensez jamais une baisse d'alertes à elle seule

RECOMMANDATION Moins d'alertes peut vouloir dire moins d'exposition. Ou bien une zone de détection réduite, un objectif encrassé, moins de signalements, un appareil éteint. Vérifiez avant de féliciter qui que ce soit. Gardez visibles les dénominateurs inconnus.

L'observation indépendante compte le plus là où les personnes sont jugées sur le résultat. Choisissez certaines périodes d'observation avant que quiconque ait vu un tableau de bord. Vérifiez si une série d'enregistrements verts identiques vient de saisies recopiées.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

PARTIE 2 · LE FACTEUR HUMAIN

Une alarme exploitable, avec des données acceptables

Deux conditions décident si un système techniquement solide survit au contact du terrain : les opérateurs peuvent se servir de ce qu'il leur dit, et ils acceptent la façon dont il les observe.

Concevez l'alerte autour d'une personne

FAIT Selon le régulateur britannique, chaque alarme doit avoir une utilité claire pour l'opérateur et une réponse définie. Il renvoie les concepteurs à la publication EEMUA 191. [11]

RECOMMANDATION Pour chaque alerte, écrivez un destinataire, une action attendue, le temps disponible et la voie à suivre si personne n'accuse réception.

Passez les alarmes en revue avec ceux qui les entendent. Demandez lesquelles se confondent avec les avertisseurs de recul, les radios ou les protections auditives. Vérifiez que la personne distingue une panne d'une intrusion réelle. Incluez les sous-traitants sur du matériel qu'ils connaissent mal.

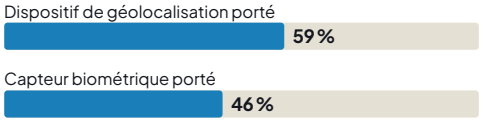
Acquitter, corriger et lever sont trois événements. Enregistrez chaque heure si le système le permet. Une alarme acquittée alors que l'exposition persiste reste ouverte.

Si l'équipe ne peut pas maintenir une fonction d'alerte, retirez-la de tout usage crédité.

Fixez les règles sur les données avant toute collecte

FIGURE 9

Beaucoup d'ouvriers refuseraient un dispositif porté s'ils avaient le choix



Refuseraient un usage volontaire. Ouvriers de chantier américains, un seul échantillon.

FAIT Source : H. Fugate et H. Alzraiee, Results in Engineering 17 (2023), 100841. Source unique. Taille de l'échantillon non visible. Ces chiffres justifient un test d'adhésion sur place. Ils ne prédisent pas l'adoption sur votre site. [4]

FAIT Les principes publiés en 2024 par l'EU-OSHA demandent d'associer les travailleurs dès le départ, de ne collecter que les données utiles à la sécurité et à la santé, et d'énoncer clairement la finalité du système. [12]

RECOMMANDATION Testez la gouvernance sur une demande réelle : un responsable veut la liste des salariés classés par nombre d'alertes caméra. Qui peut refuser, consigner la demande et rappeler la finalité approuvée ?

L'accord des représentants atteste une participation. Il ne règle ni la base légale, ni la consultation, ni les transferts hors frontières.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

PARTIE 2 · PORTE 5

Comparez sur le même périmètre, sur toute la durée de vie

La comparaison loyale oppose trois options pour une même exposition : la meilleure reconception physique, le pilote sur le risque résiduel, et les deux ensemble.

Ce qui entre dans le coût

RECOMMANDATION Fixez la période, la devise et le nombre d'équipements. Obtenez des devis pour votre région, votre niveau de service et votre configuration. Un tarif public ou une page produit ne dit pas le prix livré sur site.

POSTE DE COUT	SOUVENT OUBLIE
Installation	Indisponibilité des engins pendant la pose
Formation	Chaque poste, chaque sous-traitant, chaque arrivant
Entretien	Nettoyage, étalonnage, consommables, gaz étalon
Connectivité	Abonnements, passerelles, alarme locale de secours
Temps de réponse	Analyse des alarmes intempestives, escalades
Changements	Revalidation après évolution du logiciel, du site ou de la flotte
Sortie	Démontage et conservation des données

Des mesures qui aident un comité à trancher

RECOMMANDATION Deux mesures rendent les options comparables sans prétendre chiffrer une vie :

- **Le coût par point d'exposition supprimé**, pour les reconceptions.
- **Le coût par heure d'exploitation protégée et vérifiée**, pour la surveillance.

Exprimez l'incertitude par des devis et des scénarios alternatifs. Séparez la dépense ponctuelle du pilote du coût récurrent de la flotte.

N'attribuez aucune valeur monétaire aux décès évités sans modèle défendable et revue indépendante.

L'ordre des décisions

RECOMMANDATION Une option qui échoue à une condition obligatoire est écartée, si bon marché soit-elle. Parmi celles qui passent, comparez la valeur opérationnelle, la charge pour le personnel, la qualité des preuves, le support et le coût total.

> **Sites à connectivité limitée.** Choisissez d'abord la protection physique de base. Chiffrez le fonctionnement hors ligne et la compétence locale avant de spécifier une surveillance dans le nuage. Alarmes locales, limites physiques et décideurs nommés doivent tenir un poste entier sans lien avec le siège.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

PARTIE 3

Huit familles d’événements mortels

Pour chacune : l’état qui protège les personnes, la façon de le vérifier sur le terrain, ce que la technologie peut ajouter et ce qu’elle ne peut pas trancher.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

PARTIE 3 · FAMILLES D'EVENEMENTS

RECOMMANDATION Les fiches de ces pages sont des recommandations Riskopilot pour la conception et la vérification sur site, éclairées par les textes des régulateurs cités. Le droit local et les procédures approuvées du site prévalent. Désignez une personne nommée et un suppléant qualifié pour chaque rôle avant la tâche.

EVENEMENT 01 · RESPONSABLE : CHEF D'EQUIPE COUVERTURE

Chutes à travers des ouvertures et des surfaces fragiles

ETAT PROTEGE	**Une protection collective à chaque rive et à chaque ouverture exposée sur l'itinéraire autorisé.**
SUPPRIMER D'ABORD	L'assemblage au sol ou l'inspection à distance, qui évitent de monter en toiture.
VERIFIER SUR LE TERRAIN	Parcourez l'itinéraire avant la remise et après toute livraison ou modification du platelage. Comparez les protections au plan approuvé.
LA TECHNOLOGIE AJOUTE	La superposition de plans et l'analyse d'images peuvent signaler un vide visible.
ELLE NE TRANCHE PAS	Une caméra n'établit ni la résistance d'un capot ni sa fixation. Une photo prise avant l'arrivée des matériaux ne dit rien de l'instant présent.
MESURE	Rives vérifiées après un changement de configuration, sur rives concernées. [13]

EVENEMENT 02 · RESPONSABLE : RESPONSABLE CIRCULATION

Collision entre engins et piétons

ETAT PROTEGE	**Une séparation maintenue et des traversées maîtrisées pendant tout le mouvement, y compris pour les chauffeurs de passage.**
SUPPRIMER D'ABORD	Sens uniques, créneaux de livraison et plans qui réduisent les marches arrière.
VERIFIER SUR LE TERRAIN	Parcourez l'itinéraire depuis la cabine et depuis l'approche piétonne, engin à l'arrêt et sécurisé. Recommencez à chaque changement de plan.
LA TECHNOLOGIE AJOUTE	Radars, caméras et badges peuvent ajouter un signal aux points de conflit résiduels.
ELLE NE TRANCHE PAS	Un badge ne couvre pas un visiteur qui n'en porte pas. Une caméra ne voit pas à travers un véhicule garé. Une preuve obtenue sur un tombereau minier n'autorise rien sur une pelle de location.
MESURE	Mouvements en conflit observés, sur mouvements comparables, par accès et par poste. [1, 14]

Choisir le petit nombre de contrôles critiques. Partez de l'événement et remontez. Identifiez le contrôle dont l'absence augmente nettement la probabilité ou la gravité. Définissez l'état observable qu'il doit maintenir et qui peut l'établir. Un portail, un contrôle de prise de poste, une caméra et un tableau de bord alimentés par la même source ne font pas quatre barrières. Comptez les défaillances de cause commune, comme le fait le CCHI. [20]

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

PARTIE 3 · FAMILLES D'EVENEMENTS

EVENEMENT 03 · RESPONSABLE : CHEF DE LEVAGE DESIGNE

Charges suspendues et chutes d'objets

ETAT PROTEGE	**Un plan de levage approuvé et une trajectoire de charge maîtrisée, avec une zone d'exclusion effective et des communications convenues.**
SUPPRIMER D'ABORD	L'assemblage au sol, ou une trajectoire de charge éloignée des zones occupées.
VERIFIER SUR LE TERRAIN	Vérifiez la charge réelle, la configuration, le sol et la zone d'exclusion par rapport au plan. Confirmez la liaison avec la personne qui dirige le levage.
LA TECHNOLOGIE AJOUTE	Une maquette liée au planning révèle les coactivités avant la mobilisation. Une barrière virtuelle signale une intrusion.
ELLE NE TRANCHE PAS	Ni l'une ni l'autre n'établit la portance du sol ou l'adéquation de l'élingage. Un permis peut couvrir le levage et ignorer les équipes d'un autre sous-traitant.
MESURE	Levages dont la trajectoire a été confirmée dégagée sur le terrain, sur levages observés. [16]

EVENEMENT 04 · RESPONSABLE : COORDINATEUR DES OUVRAGES PROVISOIRES

Effondrement de fouilles et d'ouvrages provisoires

ETAT PROTEGE	**Une conception approuvée, une configuration contrôlée et une libération par la personne compétente désignée.**
SUPPRIMER D'ABORD	Une conception fondée sur les charges réelles, le phasage, les ouvrages voisins et le terrain.
VERIFIER SUR LE TERRAIN	Comparez l'installation et le phasage à la révision approuvée. Signalez tout mouvement, venue d'eau, dommage ou charge imprévue. Réinspectez après chaque changement.
LA TECHNOLOGIE AJOUTE	Points topographiques et capteurs de déplacement peuvent suivre un signe avant-coureur.
ELLE NE TRANCHE PAS	La surveillance n'aide que si un mouvement précède l'effondrement, avec assez d'avance et quelqu'un pour l'interpréter. Une mesure stable sur un capteur mal placé prouve peu.
MESURE	Changements suivis d'une réévaluation compétente avant l'entrée, sur changements observés. [15, 17]

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

PARTIE 3 · FAMILLES D'EVENEMENTS

EVENEMENT 05 · RESPONSABLE : CHARGE DE CONSIGNATION ELECTRIQUE

Contact électrique ou mise sous tension

ETAT PROTEGE	**Le bon circuit et toutes les sources identifiés, consignés et vérifiés selon une procédure approuvée.**
SUPPRIMER D'ABORD	Le travail hors tension comme règle, avec le relevé des alimentations provisoires et des modifications des autres corps d'état.
VERIFIER SUR LE TERRAIN	L'équipe électrique habilitée rapproche l'équipement réel du schéma à jour et vérifie son état au point de travail.
LA TECHNOLOGIE AJOUTE	Plans numériques, étiquettes et gestion des révisions aident à l'identification.
ELLE NE TRANCHE PAS	Une lecture d'étiquette confirme une fiche en base. Elle ne prouve pas l'état électrique d'un conducteur. Une armoire de remplacement peut hériter de l'ancienne étiquette.
MESURE	Travaux avec identification correcte et vérification en présence d'un témoin, sur travaux échantillonnés. [18]

EVENEMENT 06 · RESPONSABLE : RESPONSABLE MAINTENANCE

Écrasement et happement en maintenance

ETAT PROTEGE	**La retenue physique ou la consignation de chaque source d'énergie dangereuse, vérifiée pour la tâche et tenue pendant la relève de poste.**
SUPPRIMER D'ABORD	Un accès conçu pour que la tâche se fasse sans entrer dans la zone dangereuse.
VERIFIER SUR LE TERRAIN	Repérez les sources sur l'équipement. Vérifiez l'état sûr. Confirmez qui détient la consignation et coordonnez les sous-traitants avant tout changement de périmètre.
LA TECHNOLOGIE AJOUTE	Un gestionnaire numérique de procédures réduit l'ambiguïté sur les équipements et les points de consignation.
ELLE NE TRANCHE PAS	La trace d'ouverture d'un document n'apporte aucune garantie physique. Testez les conflits de versions, les comptes partagés et les permis hors ligne avant de vous y fier.
MESURE	Observations indépendantes ayant décelé un écart avant l'exposition, sur occasions. [19]

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

PARTIE 3 · FAMILLES D'EVENEMENTS

EVENEMENT 07 · RESPONSABLE : SURVEILLANT D'ENTREE

Atmosphère dangereuse en espace confiné

ETAT PROTEGE	**Des conditions d'entrée approuvées : consignation vérifiée, contrôle d'atmosphère adapté, communication, surveillant et secours opérants.**
SUPPRIMER D'ABORD	L'inspection ou le nettoyage depuis l'extérieur, qui évitent d'entrer.
VERIFIER SUR LE TERRAIN	Identifiez les polluants réels et vérifiez que le capteur leur convient. Contrôlez appareils, emplacements et communication. Faites la démonstration du dispositif de secours avant l'entrée.
LA TECHNOLOGIE AJOUTE	Des détecteurs connectés partagent l'alarme avec le surveillant. L'inspection à distance supprime certaines entrées.
ELLE NE TRANCHE PAS	Un tableau de bord distant peut afficher des valeurs normales pour un appareil qui n'est pas là où l'intervenant se trouvera. La connectivité peut informer l'encadrement sans avertir celui qui est dedans.
MESURE	Entrées dont chaque condition préalable a été vérifiée au point d'entrée, sur entrées échantillonnées. [7, 21]

EVENEMENT 08 · RESPONSABLE : RESPONSABLE D'EXPLOITATION DE LA ZONE

Incendie, explosion et rejet dangereux

ETAT PROTEGE	**Consignation vérifiée, contrôle d'atmosphère et maîtrise des coactivités, à la mesure du rejet possible et des sources d'ignition.**
SUPPRIMER D'ABORD	Une méthode à froid plutôt que des travaux par point chaud.
VERIFIER SUR LE TERRAIN	Rapprochez le périmètre du travail des schémas de procédé et de la réalité du terrain. Convenez des changements qui annulent le permis.
LA TECHNOLOGIE AJOUTE	Une plateforme de permis fait apparaître les travaux simultanés sur des équipements reliés.
ELLE NE TRANCHE PAS	Un enregistrement numérique ne dit pas quelle atmosphère règne dans un équipement relié, ni si une consignation tient encore. La détection n'aide que pour ce qu'elle peut voir.
MESURE	Changements ayant déclenché une réévaluation du permis, sur changements pertinents observés. [8]

> **Quand le contrôle défaille.** Dans chaque famille, le premier geste est le même : arrêter le travail concerné, sécuriser la zone et faire réévaluer par une personne compétente avant tout retour. La technologie change la vitesse à laquelle la défaillance est vue. Elle ne change pas qui doit décider.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

PARTIE 4

Six investigations

Ce que les investigations officielles ont établi, la première décision à réexaminer, et ce qu'un appareil hypothétique n'aurait pas pu trancher.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

PARTIE 4 · INVESTIGATIONS

CALIFORNIE, 18 MAI 2000 · RAPPORT FACE 00CA006

Un signaleur heurté par un camion en marche arrière

FAIT ETABLI

Sur un chantier d'autoroute, un signaleur a été mortellement écrasé par un semi-remorque benne à déversement latéral qui reculait. L'alarme de recul fonctionnait. Le camion n'a reculé que de quelques pieds. Le signaleur lui tournait le dos et surveillait la circulation. [5]

INFERENCE CE QUI A FAILLI

La fermeture de voie séparait le chantier de la circulation. Rien ne séparait un piéton d'un engin en marche arrière à l'intérieur du balisage. Un signal sonore était présent et ne l'a pas protégé.

RECOMMANDATION DECISION A EXAMINER

À la préparation : tracez chaque itinéraire de recul et chaque poste à pied à l'intérieur du balisage. Pendant le chantier : arrêtez dès que vous ne connaissez plus un itinéraire ou la position d'une personne.

INFERENCE CE QUE LA TECHNOLOGIE N'AURAIT PAS TRANCHE

Une caméra ou un radar aurait pu donner un signal de plus au chauffeur. Le dossier ne permet d'établir ni la détection, ni la réaction, ni la distance d'arrêt d'un appareil qui n'y était pas.

MIAMI, 15 MARS 2018 · RAPPORT NTSB HAR-19/02, ADOPTE LE 22 OCTOBRE 2019

Passerelle piétonne de la Florida International University

FAIT ETABLI

Six personnes sont mortes et dix ont été blessées quand une passerelle en construction s'est effondrée sur une route ouverte. Le NTSB a retenu pour cause probable des erreurs de calcul des charges et de la capacité. Une revue par les pairs insuffisante y a contribué. Des fissures avaient été observées et discutées avant l'effondrement. Le NTSB a jugé que cinq parties, en n'arrêtant pas les travaux et en ne fermant pas la route, avaient aggravé le bilan. [6]

INFERENCE CE QUI A FAILLI

Plusieurs parties avaient déjà la preuve des fissures. Il manquait une décision : qui juge que l'ouvrage n'est plus sûr, et qui peut ordonner la fermeture de la route.

RECOMMANDATION DECISION A EXAMINER

À la conception : une revue indépendante compétente. Pendant les travaux : une seule autorité nommée pour l'exclusion du public, et un suppléant qui détient cette autorité hors heures ouvrées.

INFERENCE CE QUE LA TECHNOLOGIE N'AURAIT PAS TRANCHE

Un suivi automatisé des fissures aurait documenté leur progression. Rien dans l'investigation n'indique que davantage d'images auraient produit une fermeture que des personnes, preuve en main, n'ont pas ordonnée.

Un exercice tiré du cas de la passerelle. RECOMMANDATION Répétez, hors heures ouvrées, un désaccord entre entreprise et concepteur sur un désordre visible. Notez l'heure à laquelle la zone est réellement sécurisée, et qui peut autoriser la réouverture.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

PARTIE 4 · INVESTIGATIONS

TEXAS, 15 NOVEMBRE 2014 · US CHEMICAL SAFETY BOARD, RAPPORT FINAL DU 25 JUIN 2019

Rejet toxique de DuPont à La Porte

FAIT ETABLI

Environ 10,9 tonnes de méthylmercaptan (24 000 livres) se sont échappées dans un bâtiment de production et quatre travailleurs sont morts. Deux d'entre eux étaient entrés en réponse à l'appel de détresse d'un collègue. Le CSB a mis en cause une conception défaillante et l'absence de protections adéquates. [7]

INFERENCE CE QUI A FAILLI

Le travailleur confronté à une anomalie de procédé et les collègues qui répondent à la détresse n'affrontent pas les mêmes dangers. La décision de secours doit être praticable avant l'urgence.

RECOMMANDATION DECISION A EXAMINER

Tracez le chemin possible du rejet et les tâches effectuées à proximité. Vérifiez comment une alarme atteint les intervenants, les voisins et les secours, et qui fait l'appel de chacun.

INFERENCE CE QUE LA TECHNOLOGIE N'AURAIT PAS TRANCHE

Des détecteurs connectés auraient pu diffuser une alerte, à condition que la substance soit détectable au bon endroit. Cela n'établit pas qui aurait pu s'échapper, ni qu'un sauveteur se serait retenu.

LOUISIANE, 8 FEVRIER 2017 · US CHEMICAL SAFETY BOARD, RAPPORT 2017-03-I-LA, 24 AVRIL 2018

Explosion lors de travaux par point chaud à DeRidder

FAIT ETABLI

Trois sous-traitants sont morts et sept ont été blessés quand un réservoir a explosé pendant des travaux par point chaud, lors de l'arrêt annuel d'une usine de pâte et papier. L'atmosphère avait été contrôlée à l'extérieur du réservoir avant le début. L'atmosphère inflammable était à l'intérieur. [8]

INFERENCE CE QUI A FAILLI

Le contrôle a été fait et il était bon. Il mesurait au mauvais endroit. Le lieu du travail a été pris pour la limite du danger, alors que l'équipement relié contenait le combustible.

RECOMMANDATION DECISION A EXAMINER

À la préparation : l'exploitant du procédé et le sous-traitant identifient les volumes reliés, les changements de procédé et les preuves nécessaires pour autoriser le travail.

INFERENCE CE QUE LA TECHNOLOGIE N'AURAIT PAS TRANCHE

Relier les permis aux équipements de procédé aurait pu signaler le réservoir. Un enregistrement numérique ne dit pas quelle atmosphère il contient.

Ce que ces quatre cas ont en commun

INFERENCE Une alarme de recul qui fonctionnait. Des fissures documentées. Un contrôle d'atmosphère fait au mauvais endroit. Un appel de détresse qui a attiré des collègues dans le danger. Chaque cas tient à une limite mal tracée ou à une décision que personne n'était en position de prendre.

RECOMMANDATION Servez-vous des investigations pour concevoir des exercices, pas pour justifier des achats. Elles ne prouvent pas qu'un appareil aurait évité l'accident.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

PARTIE 4 · INVESTIGATIONS

TEXAS, 23 MARS 2005 · US CHEMICAL SAFETY BOARD, RAPPORT 2005-04-I-TX, 20 MARS 2007

Explosion de la raffinerie BP de Texas City

FAIT ETABLI

Quinze personnes sont mortes et 180 ont été blessées quand des vapeurs d'hydrocarbures ont explosé au démarrage d'une unité. Le CSB a constaté que les dépenses fixes avaient été réduites de 25 % à partir de 1999 et qu'une nouvelle baisse de 25 % avait été demandée en 2004. L'unité était passée de deux opérateurs de salle de contrôle à un seul. Une revue de 2003 recommandait un second opérateur pour les démarrages et n'a pas été suivie. Les opérateurs travaillaient en postes de 12 heures depuis au moins 29 jours d'affilée. Depuis 2002, des audits avaient signalé de graves problèmes à des dirigeants et à au moins un administrateur. [23]

INFERENCE CE QUI A FAILLI

Ceux qui étaient de poste ce jour-là travaillaient dans des conditions fixées des années plus tôt, loin de l'unité. Chacune de ces conditions était une décision de dirigeant.

RECOMMANDATION DECISION A EXAMINER

Avant d'approuver une baisse de budget ou d'effectif : quelle mission critique reste sans titulaire, pendant quel poste, et qui l'a signé ?

INFERENCE CE QUE LA TECHNOLOGIE N'AURAIT PAS TRANCHE

Les instruments existaient déjà et tombaient en panne. Une alarme de niveau haut a fonctionné, une autre non. Le CSB a constaté que des ordres de travail pouvaient être clos sans réparation. Un capteur de plus aurait rejoint la même file.

GOLFE DU MEXIQUE, 20 AVRIL 2010 · COMMISSION NATIONALE, RAPPORT AU PRESIDENT, JANVIER 2011

Éruption du puits Macondo

FAIT ETABLI

Onze hommes sont morts lors de l'éruption du puits. La Commission a jugé que l'essai en pression négative, qui vérifie l'étanchéité du puits, avait été mal conduit et mal interprété, et que cela avait fortement contribué à l'accident. Ni l'opérateur ni le propriétaire de la plateforme n'avaient de procédure interne pour cet essai, ni de formation formelle. Rien n'obligeait l'équipe à demander un second avis à terre sur des données déroutantes. La Commission a désigné comme cause profonde une défaillance du management des trois principales sociétés. [24]

INFERENCE CE QUI A FAILLI

Une vérification critique existait, a été faite et a donné l'alerte. Ceux qui la lisaient n'avaient ni procédure, ni formation, ni obligation de faire remonter.

RECOMMANDATION DECISION A EXAMINER

Pour chaque vérification critique : qui est compétent pour l'interpréter, quel résultat impose l'arrêt, et qui doit être appelé quand la lecture est incertaine ?

INFERENCE CE QUE LA TECHNOLOGIE N'AURAIT PAS TRANCHE

Les données de pression étaient déjà sous les yeux de l'équipe. Davantage de données n'auraient pas fourni la règle pour les lire.

Pourquoi ces deux cas. FAIT Les deux investigations ont situé la cause dans des décisions de management : des carences d'organisation et de sécurité à tous les niveaux de l'entreprise pour l'une, une défaillance du management pour l'autre. [23, 24] INFERENCE Elles montrent ce que les quatre premiers cas laissent seulement entrevoir. Les conditions du terrain se décident ailleurs. La partie 6 reprend cet argument.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

PARTIE 5

Huit fonctions technologiques

Évaluées comme des fonctions, pas comme des marques. Pour chacune : où elle s'applique, comment la tester, comment elle défaille et quoi demander au fournisseur.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

PARTIE 5 · FONCTIONS TECHNOLOGIQUES

Quoi tester, et quoi demander

RECOMMANDATION Propositions Riskopilot. Ne créez jamais un vrai conflit entre une personne et un engin, ni une atmosphère dangereuse, pour valider un système. Utilisez des cibles de substitution, des zones fermées, des copies de formation et des montages approuvés.

FONCTION	OU ELLE S'APPLIQUE	ESSAI D'ACCEPTATION	COMMENT ELLE DEFAILLE	A DEMANDER AU FOURNISSEUR
Détection visuelle des piétons autour des engins	Points de conflit résiduels, après séparation.	Cible de substitution en limite de zone configurée, à contre-jour, au crépuscule et en partie masquée. Comparez à un repère marqué au sol. Consignez à part les alertes manquées et tardives.	Objectif encrassé, caméra déplacée, délai de traitement, alertes en concurrence avec les autres sons de la cabine.	Version exacte du logiciel, réglages de confiance, comportement hors ligne, validation du montage, droit d'exporter les alertes horodatées.
Radar de proximité et télémétrie des engins	Angles morts des gros engins, en complément d'une vue caméra.	Comparez les détections à une observation indépendante, objets fixes sans intérêt compris. Présentez les résultats par manœuvre.	Échos parasites, géométrie d'installation, surcharge d'alertes. La détection juste d'un objet sans intérêt distrait quand même.	Export des événements bruts, logique de filtrage, diagnostics de maintenance, essai de mise en service documenté.
Intervention sur l'engin (ralentissement ou arrêt automatique)	Une mesure technique, pas une alerte. Uniquement avec l'accord du constructeur et d'une ingénierie compétente pour l'engin concerné.	Examinez les états de défaillance et l'enveloppe d'arrêt, sans personne dans la zone d'essai.	Freinage inattendu, inadéquation avec la configuration de l'engin, effet sur les véhicules qui suivent.	Compatibilité avec l'engin, domaine de fonctionnement documenté, gestion des modifications, preuves pour chaque fonction de sécurité annoncée.
Détection de gaz portable connectée	Entrées et zones où le gaz réellement présent est détectable par le capteur installé.	Confirmez séparément l'alarme locale et la notification à distance. Démontrez le comportement en cas de perte de liaison, sans exposer personne.	Capteur inadapté au gaz, point de prélèvement inaccessible, batterie vide, retard des données à distance.	Configuration des capteurs, certification pour la zone prévue, consommables, registres d'étalonnage et de maintenance.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

PARTIE 5 · FONCTIONS TECHNOLOGIQUES

FONCTION	OU ELLE S'APPLIQUE	ESSAI D'ACCEPTATION	COMMENT ELLE DEFAILLE	A DEMANDER AU FOURNISSEUR
Gestion numérique des consignations et des procédures	Sites aux nombreux équipements, où les sous-traitants changent.	Glissez une mauvaise révision dans une copie de formation. Vérifiez qu'une personne habilitée sait la trouver, l'isoler et la remplacer, copies papier comprises.	Schémas périmés, révisions sans responsable, identité ambiguë des équipements, écarts hors ligne.	Circuit d'approbation, historique des révisions, droits d'accès, comportement hors ligne, accès des sous-traitants par identifiants temporaires.
Maquettes de site liées au planning	Réunions de planification, pour repérer le moment où un levage, un itinéraire ou une livraison entre en conflit avec une autre tâche.	Dans une copie de test, placez une livraison et un levage sur le même créneau. Voyez si le planificateur le repère et déclenche une vérification sur le terrain.	Éléments provisoires absents, planning dépassé, changements des sous-traitants non saisis.	Une démonstration sur vos formats de fichiers et votre calendrier. Le nom de celui qui met à jour les conditions provisoires entre deux révisions.
Inspection interne à distance (drones, robots)	Supprimer une entrée humaine, lorsque la qualité d'image suffit à la décision de maintenance.	Essai sur des cibles connues, dans un espace de formation sûr. Établissez la suffisance de l'image, le comportement en cas de perte de liaison et la récupération.	Faible lumière, poussière, géométrie masquée, appareil perdu que quelqu'un devra aller chercher. La compatibilité avec l'atmosphère est un critère éliminatoire.	Les défauts que la charge utile sait distinguer, les homologations qui couvrent la configuration exacte.
Revue par IA des permis et des inspections	Tri des enregistrements terminés, en indiquant au relecteur le passage qui motive chaque signalement.	Un échantillon arbitré : omissions réelles, enregistrements corrects, formulations ambiguës. Pour la comparaison, des relecteurs qui ignorent le résultat de l'outil.	Texte sans fondement, explication convaincante portant sur le mauvais équipement, évolution silencieuse du modèle, fuite de données.	Identification de la version, conditions de traitement des données, export des références sources, un interrupteur d'arrêt. Nouvelle recette après tout changement important.

La huitième ligne est à part

INFERENCE Un relecteur IA ne perçoit pas le monde physique. Il lit des enregistrements. Son mode de défaillance est un résumé fluide et assuré qui porte sur le mauvais équipement, la mauvaise révision ou la mauvaise condition.

FAIT Le cadre de gestion des risques liés à l'IA du National Institute of Standards and Technology américain organise ce travail en quatre fonctions : gouverner, cartographier, mesurer et gérer.[22]

RECOMMANDATION Limitez son rôle au tri. Laissez la vérification et la libération aux personnes désignées.

Trois règles pour chaque ligne

RECOMMANDATION **Évaluez la machine et l'opérateur ensemble.** Une image nette à l'écran ne prouve ni que la détection couvre toute l'enveloppe de travail, ni que le conducteur regardera.

Retestez après tout changement. Un entretien, une mise à jour logicielle ou un nouveau plan peuvent chacun invalider la recette.

Séparez le conseil de l'autorité. Un écran ou un tableau de bord IA n'a aucune autorité automatique pour modifier un circuit de protection, changer un permis ou libérer une machine.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

PARTIE 6

Ce que les dirigeants doivent créer

La technologie peut faire gagner du temps. Seuls les dirigeants peuvent faire en sorte que quelqu'un soit en place, compétent et habilité à s'en servir. Ce que la recherche et six investigations montrent des conditions qui rendent la protection possible.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

PARTIE 6 · LA RECHERCHE

Ce que la recherche sur le leadership montre, et ne montre pas

On répète aux dirigeants qu'un engagement visible évite les accidents. La recherche appuie une idée plus étroite et plus utile : ce que les dirigeants disent chaque jour, et s'ils règlent ce qu'on leur signale.

FIGURE 10

Trois études, trois niveaux de preuve

ETUDE	METHODE ET TERRAIN	RESULTAT	LIMITE
Zohar et Polachek, 2014 [26]	Étude de terrain randomisée. Une usine d'industrie lourde, 364 salariés.	En 12 semaines, les chefs d'équipe ont reçu deux retours sur la place de la sécurité et de la production dans leurs échanges quotidiens avec leur équipe. Climat de sécurité, comportements et scores d'audit mesurés de façon indépendante ont progressé par rapport aux groupes témoins.	Une seule usine. Des comportements et des scores d'audit, pas des accidents graves.
Tucker et Singer, 2015 [27]	Étude de terrain randomisée. Hôpitaux, 56 unités de travail contre 138 unités témoins, 18 mois.	Un programme de visites de terrain par les dirigeants a fait baisser la perception de progrès par le personnel. Les résultats étaient meilleurs lorsque les dirigeants se chargeaient eux-mêmes de régler les problèmes soulevés.	Des hôpitaux, pas l'industrie lourde. Le résultat mesuré est une perception.
Clarke, 2013 [25]	Méta-analyse d'études publiées.	Les responsables qui surveillent et corrigent sont associés au respect des règles. Ceux qui inspirent et impliquent le sont à la participation des salariés à la sécurité.	Des associations tirées de questionnaires. Ni la cause ni son sens ne sont établis.

FAIT Résultats tels que rapportés par les auteurs. Les deux études randomisées sont les protocoles les plus solides que nous ayons trouvés.

Ce que cela appuie

INFERENCE Deux gestes de dirigeant ont un appui expérimental. Parler ensemble de sécurité et de production dans les échanges ordinaires change ce que font les équipes. Demander aux gens leurs problèmes sans les régler ensuite fait plus de mal que de ne rien demander.

INFERENCE Ces deux résultats vont dans le même sens que les six investigations. Ce qui protège, c'est la réponse du dirigeant. Sa présence seule ne suffit pas.

Ce que cela n'appuie pas

INFERENCE Aucune de ces études n'a mesuré des accidents mortels ou graves. Sur l'échelle de la page 10, la recherche sur le leadership atteint au mieux le niveau 2 : des personnes ont agi autrement. Personne n'a démontré le passage à une baisse des décès.

RECOMMANDATION Traitez donc un programme de leadership comme un système de surveillance. Nommez la décision qu'il doit changer. Vérifiez qu'elle a changé. Ni un taux de participation ni un nombre de visites ne sont des preuves.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

PARTIE 6 · LA TENDANCE

Six investigations, un même constat

Lus côte à côte, les six cas de la partie 4 disent la même chose. L'information était disponible. La décision qui protège n'appartenait à personne qui fût en mesure de la prendre.

FIGURE 11

Ce qui était disponible, et la décision que personne n'était en position de prendre

CAS	FAIT CE QUI ETAIT DISPONIBLE	INFERENCE LA DECISION QUI A MANQUE	INFERENCE CONDITION ABSENTE
Signaleur, 2000 [5]	Une alarme de recul en état de marche.	Tenir les piétons hors de la trajectoire de recul, à l'intérieur du balisage.	1. Autorité
Passerelle de Floride, 2018 [6]	Des fissures documentées, discutées par les parties le jour même.	Arrêter les travaux et fermer la route. Cinq parties le pouvaient. Aucune ne l'a fait.	1. Autorité 6. Vérification
La Porte, 2014 [7]	Un appel de détresse. Des problèmes de procédé connus, des améliorations reportées.	Financer la correction plus tôt. Retenir les intervenants hors du bâtiment.	3. Aucune pénalité 5. Moyens
DeRidder, 2017 [8]	Un contrôle d'atmosphère, fait à l'extérieur du réservoir.	Établir qui avait la charge du réservoir et de son contenu. Le personnel de l'usine ne le savait pas clairement.	1. Autorité 6. Vérification
Texas City, 2005 [23]	Une alarme en état de marche. Des audits remontés aux dirigeants depuis 2002.	Garder un second opérateur pour les démarrages. Donner suite aux audits.	2. Compétence 4. Mauvaises nouvelles 5. Moyens
Macondo, 2010 [24]	Un essai en pression qui montrait que le puits n'était pas étanche.	Demander un second avis sur une lecture déroutante.	2. Compétence 4. Mauvaises nouvelles

Faits tirés des rapports officiels cités. Les deuxième et troisième colonnes sont la lecture de Riskopilot. Six investigations choisies par nous ne font pas un échantillon : elles montrent comment les conditions défaillent, pas à quelle fréquence.

Trois leçons

1. Le signal est rarement ce qui manque. INFERENCE Dans cinq cas sur six, une alarme a retenti, des dégâts étaient visibles ou un essai avait été réalisé.

2. Une autorité partagée par tous n'est exercée par personne. INFERENCE Sur la passerelle de Floride, chacune des cinq parties pouvait se tourner vers les quatre autres. L'autorité doit porter un seul nom, attribué à l'avance.

3. Les décisions prises loin du terrain fixent les conditions sur le terrain. FAIT À Texas City, des coupes budgétaires décidées au niveau du groupe ont précédé la suppression du second opérateur de salle de contrôle. [23] INFERENCE L'opérateur de poste a hérité de cette décision.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

PARTIE 6 · L'ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL

Six conditions qui rendent la protection possible

Pour qu'une personne intervienne sur le terrain, il faut un environnement qui le lui permette. Voici les six conditions que désignent les faits. Chacune se décide au niveau des dirigeants, et nulle part ailleurs.

FIGURE 12

L'environnement de travail, condition par condition (1 à 3)

CONDITION	FAIT CE QUE MONTRENT LES FAITS	RECOMMANDATION TEST POUR LE COMITE EXECUTIF
1 **Une autorité confiée à une personne nommée** Pour chaque risque mortel, une personne nommée et un suppléant nommé peuvent arrêter le travail et restreindre la zone, à toute heure et pour tous les sous-traitants.	Sur la passerelle de Floride, le NTSB a constaté que cinq parties n'avaient ni arrêté les travaux ni fermé la route. Partagée à cinq, l'autorité n'a été exercée par personne. [6] À DeRidder, le CSB a relevé une confusion, parmi le personnel de l'usine, sur le responsable du réservoir. [8]	Prenez un risque mortel. Qui peut l'arrêter et restreindre la zone un dimanche à 2 h du matin? Demandez un nom et un suppléant, puis appelez-les.
2 **Une personne compétente pendant le poste le plus difficile** Quelqu'un de qualifié pour interpréter le contrôle et agir est présent et disponible, y compris la nuit, aux démarrages et aux arrêts.	À Texas City, l'unité était passée de deux opérateurs de salle de contrôle à un seul. Le second opérateur recommandé pour les démarrages n'a jamais été ajouté, et les opérateurs avaient enchaîné au moins 29 postes de 12 heures. [23] À Macondo, l'essai critique n'avait ni procédure ni formation formelle. [24]	Avant d'approuver un changement d'effectif, de roulement ou de surveillance, exigez du porteur du projet qu'il dise quelle mission reste sans titulaire, et pendant quel poste.
3 **Aucune pénalité pour un arrêt ou un signalement** La personne ou le sous-traitant qui arrête une tâche ou signale un contrôle défaillant n'y perd ni salaire, ni prime, ni le contrat suivant.	À La Porte, le CSB a estimé que le système de primes avait pu dissuader les salariés de déclarer blessures, incidents et quasi-accidents. [7] À Texas City, un sondage de 2004 montrait que les salariés jugeaient la production et le respect du budget récompensés avant tout le reste. [23]	Suivez un arrêt récent dans les factures et les bulletins de paie. Qui en a supporté le coût? Lisez les règles de prime pour voir ce qu'elles récompensent.

Comment utiliser ces pages. RECOMMANDATION Prenez le contrôle défaillant que vous reconstituez pendant les 15 premiers jours du plan de la page 40. Soumettez-le aux six tests. La condition qui échoue désigne la prochaine décision budgétaire.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

PARTIE 6 · L'ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL

FIGURE 12, SUITE

L'environnement de travail, condition par condition (4 à 6)

CONDITION	FAIT CE QUE MONTRENT LES FAITS	RECOMMANDATION TEST POUR LE COMITE EXECUTIF
4 **Les mauvaises nouvelles remontent et reçoivent une réponse** La preuve qu'un contrôle critique défaille parvient à ceux qui ont le pouvoir d'agir, et leur réponse est visible pour celui qui a signalé.	À Texas City, des audits menés depuis 2002 sont parvenus à des dirigeants et à au moins un administrateur. Le CSB a jugé la réponse insuffisante et tardive, et a constaté que les dirigeants se fiaient trop aux statistiques d'accidents. [23] À Macondo, rien n'imposait un second avis sur des données déroutantes. [24]	Demandez ce que le comité exécutif a entendu, la dernière fois, sur un contrôle critique défaillant ou dégradé, et ce qui a été fait. Si la réponse est un taux d'accidents, le canal ne fonctionne pas.
5 **Les moyens et l'autorité de rétablir** Un contrôle critique défaillant peut être réparé ou remplacé sans attendre le prochain cycle budgétaire, et un ordre de travail clos signifie que la réparation est faite.	À Texas City, des considérations de coût ont dissuadé de remplacer le ballon de purge par un réseau de torche, et le système de maintenance laissait clore des ordres de travail sans réparation. [23] À La Porte, des améliorations du procédé qui auraient pu éviter le rejet ont été reportées. [7]	Qui peut engager une dépense aujourd'hui pour rétablir un contrôle critique dégradé, et jusqu'à quel montant? Tirez cinq ordres de travail clos sur des contrôles critiques et allez voir l'équipement.
6 **Une vérification indépendante de la tâche** Le contrôle est vérifié au bon endroit, par quelqu'un qui ne porte pas l'objectif de production de la tâche.	Sur la passerelle de Floride, la revue par les pairs n'a pas décelé les erreurs de conception. [6] À DeRidder, l'atmosphère a été contrôlée à l'extérieur du réservoir et non à l'intérieur. [8] À Texas City, des superviseurs ont validé des contrôles d'équipement qui n'avaient pas été faits. [23]	Faites refaire un échantillon de vérifications par quelqu'un d'extérieur à la ligne de production. Comptez les validations à tort. Le CCHI suit cet indicateur sous le nom d'intégrité de la vérification. [20]

Pourquoi six conditions plutôt que « la culture »

INFERENCE La « culture de sécurité » est le point où s'arrêtent la plupart des conseils donnés aux dirigeants. Elle s'inspecte mal et se revendique facilement. Chaque condition, ici, se teste sur un cas en un après-midi, et chacune a un responsable doté d'un budget.

Quelle est la solidité de cette liste

INFERENCE Les six conditions sont notre synthèse de six investigations et de trois études. Chacune s'appuie sur au moins deux constats officiels. Le regroupement est une proposition. Un autre jeu de cas pourrait en ajouter une septième.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

PARTIE 6 · L'AUTORITE

Le rôle du dirigeant : rendre l'autorité réelle

Le droit permet à un travailleur de se retirer d'un danger grave. Il ne donne à personne le pouvoir de fermer la route. Ce pouvoir, les dirigeants l'attribuent à un nom, faute de quoi personne ne l'exerce.

Ce que le droit prévoit déjà

FAIT La convention de l'OIT sur la sécurité et la santé des travailleurs protège celui qui se retire d'une situation dont il a un motif raisonnable de penser qu'elle présente un péril imminent et grave. Tant que l'employeur n'a pas agi, il ne peut pas lui demander de reprendre le travail. [28]

FAIT La directive-cadre européenne impose à l'employeur de permettre aux travailleurs d'arrêter leur activité et de se mettre en sécurité en cas de danger grave, immédiat et qui ne peut être évité, et d'agir eux-mêmes quand leur supérieur ne peut être joint. [29]

FAIT En France, le Code du travail prévoit un droit d'alerte et de retrait face à un danger grave et imminent. Il interdit toute sanction et toute retenue de salaire contre le travailleur qui s'est retiré avec un motif raisonnable (articles L. 4131-1 et L. 4131-3). [33]

Ce que le droit laisse aux dirigeants

INFERENCE Ces textes donnent le droit de se retirer soi-même. Les décisions qui ont manqué dans la partie 4 portaient sur le travail des autres : fermer une route, suspendre un permis, alerter l'équipe à terre. Aucun des textes cités ne dit qui les prend.

INFERENCE L'autorité d'arrêt des travaux demande à celui qui a le moins de pouvoir de prendre la décision la plus difficile. Lisez chaque arrêt comme un constat sur une décision antérieure.

RECOMMANDATION Trois choses la rendent réelle à 2 h du matin.

- **Un nom, un suppléant.** Un rôle partagé à plusieurs n'est tenu par personne.
- **Un exercice.** Retirez le décideur du scénario et chronométrez l'arrêt.
- **Une clause au contrat.** Un arrêt de bonne foi n'est pas facturé à celui qui l'a décidé.

FIGURE 13

Une carte d'autorité pour un risque mortel (modèle à compléter avec des noms)

DECISION	QUI LA DETIENT	HORS HEURES OUVREES	PREUVE EXIGEE
Arrêter la tâche	Tout travailleur, tout sous-traitant	Sans objet. Le droit est personnel.	Son propre récit de ce qu'il a vu
Restreindre la zone	Le chef de poste, nommé	Un suppléant nommé pour chaque poste	Limite physique confirmée avec l'équipe
Vérifier le contrôle	Un vérificateur technique compétent, nommé	Un remplaçant qualifié, testé en exercice	Preuve de terrain, sur le bon équipement et le bon périmètre
Autoriser la reprise	L'autorité d'exploitation désignée	Un suppléant nommé, avec la même autorité	Le constat de vérification, puis une décision distincte
Financer le rétablissement	Le responsable budgétaire, avec un plafond hors cycle	Le cadre d'astreinte, avec un montant défini	Preuve sur le prochain travail comparable

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

PARTIE 6 · LES DIRIGEANTS EUX-MEMES

Ce que les dirigeants font eux-mêmes

Six pratiques, chacune reliée à un constat. Aucune ne demande un programme. Toutes demandent du temps personnel du dirigeant.

1. Avant chaque réduction, demandez quelle mission reste sans titulaire. FAIT Texas City a perdu son second opérateur de salle de contrôle après des réductions de coûts à l'échelle du groupe, et la recommandation d'en rétablir un pour les démarrages est restée sans suite.[23] RECOMMANDATION Faites de la question « quelle mission critique reste sans titulaire ? » une ligne obligatoire de chaque dossier de budget et d'effectif.

2. Réglez ce que l'on vous signale, ou ne demandez rien. FAIT Dans le seul essai randomisé sur les visites de dirigeants que nous ayons trouvé, le personnel des unités visitées a fini par juger les progrès plus sévèrement que le personnel des unités témoins. Les résultats étaient meilleurs quand les dirigeants prenaient eux-mêmes la résolution en charge.[27] RECOMMANDATION Repartez de chaque visite de terrain avec au moins un problème à votre nom, et rendez compte à celui qui l'a soulevé.

3. Faites entrer la sécurité dans l'échange quotidien. FAIT Dans une usine d'industrie lourde, un retour fait aux chefs d'équipe sur la place de la sécurité et de la production dans leurs échanges de tous les jours a amélioré les comportements et les scores d'audit.[26] RECOMMANDATION Demandez aux chefs d'équipe ce qu'ils ont dit ce matin à leur équipe sur le risque mortel du travail du jour. Ne demandez pas ce que dit l'affiche.

4. Cessez de lire le taux d'accidents comme une preuve de maîtrise. FAIT Selon le CSB, les dirigeants de Texas City se fiaient trop aux statistiques d'accidents pendant que la sécurité des procédés se dégradait.[23] RECOMMANDATION Demandez l'état des contrôles critiques. C'est ce que mesure le CCHI.[20]

5. Vérifiez ce que vous récompensez. FAIT Deux investigations ont montré que la rémunération ou la reconnaissance jouaient contre le signalement et contre une exploitation sûre.[7, 23] RECOMMANDATION Lisez le système de primes et les clauses des sous-traitants comme le ferait un ouvrier. Retirez tout ce qui paie le silence.

6. Vérifiez un contrôle vous-même. RECOMMANDATION Chaque trimestre, suivez un contrôle critique du document jusqu'au terrain, avec la personne qui en dépend. Écoutez son récit avant celui de son responsable.

> **Ce que cette page n'affirme pas.** Aucune étude ne montre que ces six pratiques réduisent les accidents mortels. Trois reposent sur des recherches portant sur les comportements et les perceptions, deux sur ce dont des investigations ont constaté l'absence, une sur notre jugement. C'est l'emploi du temps d'un dirigeant le mieux étayé que nous puissions identifier.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

PARTIE 6 · L'AUTORITE

Qui arrête le travail, et qui le fait reprendre

Une autorité écrite doit encore fonctionner à l'instant où un contrôle défaille. Trois enregistrements et deux horloges permettent de s'en assurer.

FIGURE 14

Une alerte, deux horloges

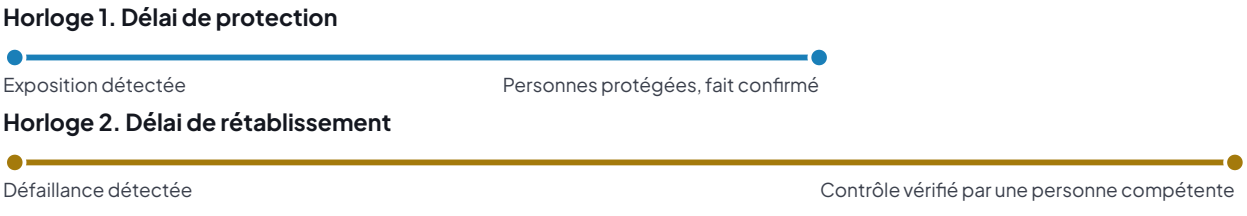


Schéma. Les longueurs ne sont pas des mesures. Le redémarrage est une troisième décision, distincte, prise par l'exploitation.

RECOMMANDATION Proposition Riskopilot. Le prochain rapport de cette série en expose la méthode complète.

Arrêter

RECOMMANDATION Donnez à chaque travailleur et à chaque sous-traitant une voie claire pour suspendre une tâche dangereuse et faire remonter une inquiétude. À l'accueil sur site, faites-leur expliquer le signal d'arrêt dans leur langue et montrer où aller en cas de désaccord avec un responsable.

La voie d'arrêt ne doit pas dépendre de la possession d'un smartphone.

Un désaccord sur un signal reste ouvert tant qu'une personne compétente n'a pas établi la situation sur le terrain. Consignez le récit du travailleur et informez-le de l'issue.

Reprendre

RECOMMANDATION Trois enregistrements, tenus séparément :

- **Réparation terminée** : un enregistrement de maintenance.
- **État sûr vérifié** : une preuve de terrain, apportée par une personne compétente.
- **Reprise** : une décision d'exploitation distincte.

Consignez les noms et les heures de la vérification et de l'autorisation. Prévenez les autres équipes avant de remettre en service une installation partagée.

Deux horloges

INFERENCE La plupart des sites suivent le délai de reprise de la production. Peu suivent les deux horloges qui comptent pour les personnes : le temps entre la première alerte et la protection confirmée, puis le temps jusqu'à la vérification du contrôle rétabli.

RECOMMANDATION Suivez les deux. Quand une heure est inconnue, consignez-la comme inconnue. Une notification ou un acquittement ne prouvent pas que l'équipe était protégée.

> **La charte CCHI de protection de l'arrêt des travaux** engage déjà les dirigeants à protéger quiconque arrête une tâche au moment du verrou. [20] Étendez cette protection aux arrêts décidés pendant le travail, et vérifiez si celui qui a signalé en a ensuite supporté le coût.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

PARTIE 6 · LE RYTHME DE VERIFICATION

Une routine pour le poste, la semaine et le mois

RECOMMANDATION Un rythme proposé. Il associe des indicateurs proactifs, qui montrent que les contrôles sont en place, à des indicateurs réactifs, qui montrent qu'ils ont défailli, comme le recommande le guide du régulateur britannique sur les indicateurs de sécurité des procédés.[10]

QUAND	QUI	CE QU'ILS FONT	CE QU'ILS CHERCHENT
À chaque poste	Chef de poste et responsables des contrôles	Repérer les activités à exposition mortelle. Demander à chaque responsable de contrôle une preuve à jour. Autoriser dans le cadre de la procédure locale.	Tout contrôle défaillant signalé par un travailleur, quel qu'il soit. Une personne nommée sécurise la zone et consigne l'action.
Chaque semaine	Directeur de projet ou de site	Échantillonner des vérifications de façon indépendante. Choisir certaines périodes d'observation avant d'avoir vu un tableau de bord.	L'histoire derrière un résultat vert. Les séries de saisies identiques, qui trahissent un recopiage.
Chaque mois	Dirigeants	Passer en revue l'exposition avec des contrôles défaillants ou inconnus, le délai de rétablissement vérifié et les récidives après action corrective.	La correction a-t-elle tenu sur le travail comparable suivant ? Sinon, rouvrir la décision de budget ou de planning.
Chaque trimestre	Comité exécutif, puis conseil d'administration	Prendre un travail apparemment satisfaisant et une reprise contestée. Entendre séparément le travailleur et le vérificateur technique.	La contrainte était-elle la compétence, le cumul de missions, l'autorité, le financement ou l'aménagement ? Financer celle-là.

Prévoyez la panne

RECOMMANDATION Tracez chaque signal, de la source à l'alarme locale, à la passerelle, à la plateforme, à la personne et à l'enregistrement d'audit. Repérez les fonctions qui survivent à une perte de réseau, et la façon dont l'utilisateur sait qu'une valeur est périmée.

Distinguez trois états sur chaque écran : sûr et mesuré, anormal, inconnu. Si une barrière exigée ne peut pas être vérifiée, suspendez le travail concerné.

Sites à connectivité limitée

RECOMMANDATION Attribuez la responsabilité de la maintenance avant de spécifier le matériel. Vérifiez dans la région les pièces de rechange, les compétences d'entretien, le gaz étalon et les délais de remplacement.

Utilisez des pictogrammes et des démonstrations pratiques, puis faites reformuler. Assurez-vous que les travailleurs comprennent ce qu'un état inconnu signifie pour le travail. Ne transposez les résultats d'un pilote à un second site qu'après une nouvelle visite de terrain, une revue juridique locale et la consultation des travailleurs.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

PLAN D'ACTION

Un plan à 90 jours pour les comités exécutifs et les conseils d'administration

RECOMMANDATION Quatre étapes et un volet leadership, chacun avec un responsable, un livrable et un critère. Avancez sur des preuves, pas sur le calendrier.

ETAPE	RESPONSABLE	ACTIONS	LIVRABLE ET CRITERE DE REUSSITE
Jours 1 à 15 Reconstituer	Directeur de site, responsable HSE	Choisir le contrôle critique défaillant ou dégradé le plus récent. Retracer la première alerte, la première protection effective, la réparation, la vérification et la libération. Entendre séparément le travailleur et le vérificateur.	Une trace d'une page avec les heures, les noms et les inconnues. **Critère :** le comité exécutif sait dire ce qui manquait, du signal, de la compétence ou de l'autorité.
Jours 15 à 30 Cartographier	Directeur des opérations, ingénierie	Cartographier le travail pour les principales expositions mortelles. Repérer où l'exposition peut être supprimée. Relever la charge de travail, la géométrie du site, les interfaces et un dénominateur d'activité.	Un registre des expositions, avec une solution physique chiffrée pour chacune. **Critère :** chaque projet technologique en cours a une réponse à la porte 1.
Jours 30 à 45 Trier	Président du comité d'investissement	Faire passer chaque projet par les cinq portes. Convertir les échecs à la porte 1 en budgets de reconception. Retenir au plus un pilote, avec un responsable et un périmètre délimité.	Une charte de pilote signée : domaine de fonctionnement, référence indépendante, action de protection attendue, critères d'acceptation, déclencheurs de retrait. **Critère :** des critères signés avant tout essai.
Jours 45 à 90 Tester et décider	Directeur des opérations, autorité technique, représentant des travailleurs	Mener les essais en zone fermée et en mode observation. Échantillonner les périodes calmes. Maintenir tous les contrôles existants. Consulter le personnel sur l'usage des données.	Une note de décision : dénominateurs, détections manquées, alertes tardives, taux d'alarmes intempestives, temps en état inconnu, coût sur la durée de vie. **Critère :** une décision écrite, adopter pour l'usage testé, reconcevoir ou retirer.
Jours 1 à 90 Volet leadership	DG, comité exécutif	Soumettre le cas reconstitué aux six conditions. Publier la carte d'autorité. Répéter en exercice un arrêt hors heures ouvrées. Revoir les primes et les clauses contractuelles.	Six résultats de test et une correction financée. **Critère :** un décideur nommé et un suppléant pour chaque risque mortel.

Ce que le comité exécutif doit recevoir au jour 90

- La trace reconstituée, avec la correction financée.
- Les six tests de condition et la carte d'autorité.
- Le décompte des expositions supprimées par reconception.
- La décision sur le pilote et les preuves qui la fondent.

Ce qu'il doit refuser

- Un nombre d'appareils installés.
- Une baisse des alertes sans explication.
- Une baisse d'accidents revendiquée sur un seul site.
- Un pilote dont les critères ont été écrits après les résultats.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

LIMITES

Ce qui changerait ces recommandations

Les conseils de ce rapport découlent des preuves disponibles en novembre 2026. Voici les résultats qui les feraient évoluer.

SI CECI PARAISSAIT	NOUS CHANGERIONS
Une étude de terrain contrôlée montrant qu'une fonction d'alerte précise réduit l'exposition à volume de travail comparable, sur des équipements et dans des conditions proches.	Cette fonction passerait de «pilote uniquement» à «à adopter dans le domaine testé», et une mise à jour le dirait.
Une réplication indépendante, sur plusieurs sites, des performances de détection et de délai annoncées par un fournisseur, avec les alertes manquées et tardives.	Les essais d'acceptation que nous recommandons pour cette fonction seraient allégés sur des sites comparables.
La preuve qu'une catégorie de systèmes se dégrade plus vite que ne l'annoncent les fournisseurs dans la poussière, la chaleur ou une connectivité faible.	La porte 4 et l'intervalle de revalidation seraient resserrés pour les sites concernés.
Une étude plus large, sur plusieurs pays, de l'adhésion des travailleurs, avec un échantillon et une méthode publiés.	Les chiffres de source unique de la page 17 seraient remplacés et les conseils de consultation révisés.
Une investigation dans laquelle un système de surveillance a évité un accident mortel de façon démontrée, avec un mécanisme documenté.	Elle entrerait dans la partie 4 comme cas positif, avec ce qui a fait fonctionner la réponse.
Des données de résultats indépendantes venant de sites où l'intervention sur l'engin est obligatoire.	L'intervention sur l'engin passerait avant l'étape du pilote.
Une étude contrôlée, dans l'industrie lourde, reliant une pratique de leadership nommée à la performance vérifiée des contrôles ou aux accidents graves.	Les six pratiques de la partie 6 seraient classées selon leurs preuves, avec celle par laquelle commencer.

Limites de transposition

INFERENCE Les mines apportent une expérience de terrain de la détection de proximité. Les industries de procédé apportent les disciplines du permis et des indicateurs. Sur un chantier, la géométrie de l'exposition change d'heure en heure. Transposez la logique du contrôle. Vérifiez chaque hypothèse sur l'environnement de travail.

Un détecteur installé pour un plan donné peut avoir une durée de validité plus courte que son intervalle d'entretien. La livraison d'un nouveau sous-traitant peut créer un itinéraire qui n'existait pas une heure plus tôt.

Portée juridique

FAIT Les règles varient selon les pays et les secteurs. Un exemple : la norme américaine sur les énergies dangereuses applicable à l'industrie générale exclut la construction de son champ.[19]

RECOMMANDATION Établissez le droit applicable et les limites de l'installation avant d'adapter une méthode de ce rapport. Rien ici ne constitue un avis juridique, ni ne remplace les procédures approuvées du site et son autorité technique.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

SOURCES

Registre des sources

Chaque source a été ouverte et contrôlée le 19 novembre 2026. La colonne de droite indique ce que nous avons lu et les limites de cette lecture. Ordre de préférence : sources officielles et primaires, puis recherche à comité de lecture. Les pages des fabricants et les communiqués de presse ne sont pas cités. Ils décrivent ce qu'un produit est censé faire, pas ce qu'il fait sur un site. Les titres sont donnés dans la langue de publication.

N°	SOURCE	NATURE, ACCES ET LIMITES
1	Ruff, T. (2006). Evaluation of a radar-based proximity warning system for off-highway dump trucks. *Accident Analysis & Prevention* 38(1), 92 à 98. doi:10.1016/j.aap.2005.07.006. NIOSH Spokane Research Laboratory. https://stacks.cdc.gov/view/cdc/221128/cdc_221128_DS1.pdf	Étude de terrain primaire. Un tombereau, une mine, sept jours. Texte intégral lu.
2	Trask, C. et Linderoth, H. (2023). Digital technologies in construction: a systematic mapping review of evidence for improved occupational health and safety. *Journal of Building Engineering* 80, 108082. doi:10.1016/j.jobe.2023.108082. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710223022623	Revue cartographique à comité de lecture. Résumé lu. Décomptes confirmés dans un second référencement (ENETOSH).
3	van der Molen, H. et al. (2018). Interventions to prevent injuries in construction workers. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, CD006251.pub4. https://doi.org/10.1002/14651858.CD006251.pub4	Revue systématique, recherche arrêtée en avril 2017. Synthèse Cochrane lue. Données de plus de trois ans.
4	Fugate, H. et Alzraiee, H. (2023). Quantitative analysis of construction labor acceptance of wearable sensing devices to enhance workers' safety. *Results in Engineering* 17, 100841. doi:10.1016/j.rineng.2022.100841. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590123022005114	Sondage publié dans une revue à comité de lecture, États-Unis. Source unique. Taille de l'échantillon non visible pour nous. Chiffres conformes au résumé de la thèse 2022 du premier auteur.
5	California Fatality Assessment and Control Evaluation Program (2000). A construction flag person dies after being backed over by a truck. Rapport FACE 00CA006. https://stacks.cdc.gov/view/cdc/168956/cdc_168956_DS1.pdf	Investigation officielle. Confirmée sur l'exemplaire du California Department of Public Health.
6	US National Transportation Safety Board (2019). Pedestrian bridge collapse over SW 8th Street, Miami, Florida, March 15, 2018. Highway Accident Report NTSB/HAR-19/02. https://www.ntsb.gov/investigations/AccidentReports/Reports/HAR1902.pdf	Investigation officielle. Cause probable lue dans le rapport et confirmée par la presse professionnelle qui a couvert la séance du NTSB.
7	US Chemical Safety and Hazard Investigation Board (2019). DuPont La Porte facility toxic chemical release. Rapport final publié le 25 juin 2019. https://www.csb.gov/dupont-la-porte-facility-toxic-chemical-release-/	Investigation officielle. Synthèse et communiqué du CSB lus. Détails sur les intervenants confirmés par deux comptes rendus professionnels des conclusions du CSB.
8	US Chemical Safety and Hazard Investigation Board (2018). Packaging Corporation of America hot work explosion, DeRidder, Louisiana. Rapport 2017–03–I-LA. https://www.csb.gov/packaging-corporation-of-america-hot-work-explosion-/	Investigation officielle. Synthèse et communiqué du CSB lus.
9	Li, L., Huang, Z., Wang, J., Du, B. et Dai, L. (2026). Automated construction monitoring based on computer vision: a comprehensive review. *Developments in the Built Environment* 25, 100832. doi:10.1016/j.dibe.2025.100832. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666165925002327	Revue à comité de lecture. Résumé, points clés et introduction lus. Source unique.
10	UK Health and Safety Executive (2006). Developing process safety indicators: a step-by-step guide for chemical and major hazard industries. HSG254. https://www.hse.gov.uk/pubns/priced/hsg254.pdf	Guide du régulateur. Lu.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

SOURCES

N°	SOURCE	NATURE, ACCES ET LIMITES
11	UK Health and Safety Executive. Alarm management. Guide thématique sur les facteurs humains. https://www.hse.gov.uk/humanfactors/topics/alarm-management.htm	Guide du régulateur. Lu le 19 novembre 2026.
12	Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail (2024). Principles for implementation and use: smart digital systems to improve workers' safety and health. https://healthy-workplaces.osha.europa.eu/sites/hwc/files/hwc/publication/Principles-implementation-use-smart-digital-systems_EN.pdf	Guide d'une agence de l'Union européenne. Lu.
13	UK Health and Safety Executive. Fragile surfaces. Guide thématique sur la sécurité dans la construction. https://www.hse.gov.uk/construction/safetytopics/fragile.htm	Guide du régulateur. Lu.
14	UK Health and Safety Executive. Traffic management on site. Guide thématique sur la sécurité dans la construction. https://www.hse.gov.uk/construction/safetytopics/vehiclestrafficmanagement.htm	Guide du régulateur. Lu.
15	UK Health and Safety Executive. Temporary works. Guide thématique sur la sécurité dans la construction. https://www.hse.gov.uk/construction/safetytopics/temporary-works.htm	Guide du régulateur. Lu.
16	UK Health and Safety Executive. Lifting operations. Guide thématique sur la sécurité dans la construction. https://www.hse.gov.uk/Construction/safetytopics/lifting-operations.htm	Guide du régulateur. Lu.
17	US Occupational Safety and Health Administration. 29 CFR 1926.651, Specific excavation requirements. https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1926/1926.651	Réglementation américaine. Lue.
18	US Occupational Safety and Health Administration. 29 CFR 1926.417, Lockout and tagging of circuits. https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1926/1926.417	Réglementation américaine. Lue.
19	US Occupational Safety and Health Administration. 29 CFR 1910.147, The control of hazardous energy (lockout/tagout). Exclusion du champ au paragraphe (a)(1)(ii)(A). https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.147	Réglementation américaine. Lue.
20	Hounkpati, B. (2026). Critical control health (CCHI): methodology proposal, dernière révision le 16 septembre 2026, et The CCHI rollout playbook. Riskopilot. https://riskopilot.com/riskolabs	Méthode propre à Riskopilot. Lue le 19 novembre 2026. «Contrôle critique» s'entend au sens du guide de bonnes pratiques de l'industrie minière, que nous n'avons pas rouvert.
21	US Occupational Safety and Health Administration. 29 CFR 1926.1204, Permit-required confined space program. https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1926/1926.1204	Réglementation américaine. Lue.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

SOURCES

N°	SOURCE	NATURE, ACCES ET LIMITES
22	US National Institute of Standards and Technology (2023). Artificial Intelligence Risk Management Framework (AI RMF 1.0). NIST AI 100–1. https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ai/NIST.AI.100-1.pdf	Organisme de normalisation américain. Lu.
23	US Chemical Safety and Hazard Investigation Board (2007). Refinery explosion and fire, BP Texas City, March 23, 2005. Rapport d'investigation 2005–04–I–TX, avec la synthèse des conclusions du CSB, 20 mars 2007. https://www.csb.gov/u-s-chemical-safety-board-concludes-organizational-and-safety-deficiencies-at-all-levels-of-the-bp-corporation-caused-march-2005-texas-city-disaster-that-killed-15-injured-180/	Investigation officielle. Synthèse du CSB lue. Bilan humain et constat sur les réductions de coûts confirmés par l'audition du président du CSB devant le Congrès en 2007. Les autres détails d'organisation reposent sur la synthèse.
24	National Commission on the BP Deepwater Horizon Oil Spill and Offshore Drilling (2011). Deep water: the Gulf oil disaster and the future of offshore drilling. Rapport au Président, janvier 2011. https://purl.fdlp.gov/GPO/gpo2978	Commission officielle. Conclusions sur l'essai en pression et la cause profonde lues dans le compte rendu de l'Oil & Gas Journal (12 janvier 2011), et non dans le rapport lui-même. Nombre de morts confirmé par la dédicace du rapport.
25	Clarke, S. (2013). Safety leadership: a meta-analytic review of transformational and transactional leadership styles as antecedents of safety behaviours. *Journal of Occupational and Organizational Psychology* 86(1), 22 à 49. doi:10.1111/j.2044–8325.2012.02064.x. https://doi.org/10.1111/j.2044-8325.2012.02064.x	Méta-analyse à comité de lecture. Résumé lu, confirmé par une veille publique américaine sur la sécurité des patients.
26	Zohar, D. et Polachek, T. (2014). Discourse-based intervention for modifying supervisory communication as leverage for safety climate and performance improvement: a randomized field study. *Journal of Applied Psychology* 99(1), 113 à 124. doi:10.1037/a0034096. https://doi.org/10.1037/a0034096	Étude de terrain randomisée à comité de lecture. Résumé lu. Taille de l'usine tirée d'une présentation du premier auteur en 2014.
27	Tucker, A. et Singer, S. (2015). The effectiveness of management-by-walking-around: a randomized field study. *Production and Operations Management* 24(2), 253 à 271. doi:10.1111/poms.12226. https://core.ac.uk/download/28948587.pdf	Étude de terrain randomisée à comité de lecture, hôpitaux. Manuscrit en libre accès lu en entier.
28	Organisation internationale du Travail (1981). Convention (n° 155) sur la sécurité et la santé des travailleurs. Articles 13 et 19 f). https://www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO::P12100_ILO_CODE:C155	Traité international. Son effet dépend de la ratification et du droit national. Texte lu dans plusieurs reproductions. La page officielle ne s'est pas chargée ce jour-là.
29	Directive 89/391/CEE du Conseil du 12 juin 1989 concernant la mise en œuvre de mesures visant à promouvoir l'amélioration de la sécurité et de la santé des travailleurs au travail. Articles 6, paragraphe 4, et 8, paragraphes 3 à 5. https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1989/391/2008-12-11	Droit de l'Union, appliqué par les législations nationales. Articles lus dans la version conservée au Royaume-Uni et confirmés dans une seconde reproduction.
30	République d'Afrique du Sud (2015). Mine Health and Safety Act, 1996: regulations relating to machinery and equipment, règle 8.10. Government Notice R.125, Government Gazette 38493, 27 février 2015. https://www.gov.za/sites/default/files/gcis_document/201503/38493reg10369gon125.pdf	Réglementation nationale. S'applique en cas de risque significatif de collision. Texte lu. Entrée en vigueur des dispositions sur le freinage automatique le 21 décembre 2022, confirmée par deux comptes rendus juridiques et professionnels.
31	US Mine Safety and Health Administration (2015). Proximity detection systems for continuous mining machines in underground coal mines. Règle finale, 80 FR 2188. https://www.msha.gov/news-media/special-initiatives/2015/09/27/final-rule-proximity-detection-systems-continuous-mining	Réglementation américaine. Synthèse de l'agence lue. Elle ne donne aucune donnée de résultats depuis l'entrée en vigueur.
32	Chercheurs du NIOSH. Proximity detection zones: designs to prevent fatalities around continuous mining machines, et un autre article du NIOSH sur les interférences électroniques avec les systèmes de détection de proximité. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4982554/	Recherche publique. Analyse rétrospective de 39 accidents mortels. Les auteurs précisent que les données ne permettent pas de conclusions statistiquement significatives. Résumés lus.
33	République française. Code du travail, articles L. 4131–1 et L. 4131–3 (droits d'alerte et de retrait). En vigueur depuis le 1er mai 2008. https://www.legifrance.gouv.fr/codes/id/LEGIARTI000006903155/2026-08-05	Loi française. Lue sur Légifrance. Ajout propre à l'édition française. Dans les autres pays, vérifiez le droit national.

© 2026 Riskopilot · riskopilot.com · contact@riskopilot.com · CC BY-ND 4.0

VERIFICATION, AUTEUR ET LICENCE

Note de vérification

Confirmé par deux sources indépendantes

- Décomptes de la revue cartographique : 392 références, 24 retenues (source 2).
- Revue Cochrane : 17 études, preuves de très faible qualité (source 3).
- Passerelle de Floride : bilan humain et cause probable (source 6).
- La Porte : date, substance, quatre morts, intervenants (source 7).
- DeRidder : date, trois morts, sept blessés, lieu du contrôle (source 8).
- Signaleur en Californie : circonstances et alarme en état de marche (source 5).
- Dispositifs portés : 59 % et 46 % (source 4, et la thèse du premier auteur, qui est la même étude).
- Bilan et réductions de coûts à Texas City (23), morts de Macondo (24), les trois études sur le leadership (25 à 27), articles de la directive européenne (29), réglementation sud-africaine et son entrée en vigueur (30).

Reposant sur une source unique

- Tous les chiffres de l'étude de terrain sur le radar (source 1). L'article a été lu en entier.
- Les conclusions de la revue sur la vision par ordinateur (source 9), lue au niveau du résumé.
- Les positions des régulateurs (sources 10 à 19, 21, 22), lues chacune sur la page officielle.
- Effectifs, audits et maintenance à Texas City (23). Constats sur l'essai de Macondo (24, par un compte rendu professionnel). Texte de l'OIT (28, reproductions). Règle américaine sur la détection de proximité et résultats du NIOSH (31, 32).
- Code du travail français (33), lu sur Légifrance.

Non vérifiable, et traité comme tel

- La taille de l'échantillon du sondage sur les dispositifs portés. Chiffres présentés comme ceux d'un seul échantillon.
- L'âge de la victime dans le cas californien, donné de deux façons par la source. Omis.
- La capacité nominale du tombereau. Omise.

Calculs

Pourcentages, répartition des alarmes, bornes des séries sans échec, conversion des livres en tonnes et exemples chiffrés ont été recalculés à la construction de ce document.

L'auteur

Bruno Hounkpati est DG et ancien vice-président HSE. Il est l'auteur de la méthode Riskopilot de santé des contrôles critiques (CCHI) et de son guide de déploiement.

Riskopilot

Riskopilot aide les organisations des secteurs à haut risque à mener l'investigation de leurs incidents et à vérifier les contrôles qui évitent les accidents mortels. Riskolabs est l'espace où ses méthodes sont publiées et mises à l'épreuve.

Pour citer ce rapport

Hounkpati, B. (2026). Le temps d'agir : ce que la technologie peut et ne peut pas apporter aux contrôles critiques. Riskopilot Research, série contrôles critiques. riskopilot.com

Édition française

Établie à partir de l'édition anglaise, «Time to act». La source 33 est propre à cette édition. Les unités ont été converties.

Licence

Creative Commons Attribution, pas de modification 4.0 International (CC BY-ND 4.0). Vous pouvez partager ce document sans le modifier, en citant sa source.

Important

Ce rapport est une information générale destinée aux décideurs. Il ne constitue ni un avis d'ingénierie, ni un avis juridique ou réglementaire. Les critères d'acceptation d'un travail réel sont fixés par l'autorité technique du site, selon le droit local et les procédures approuvées. Les chiffres présentés comme des illustrations sont inventés.

Contact

contact@riskopilot.com · riskopilot.com

RISKOPILOT

« Une alerte ne protège personne. Ce qui protège, c'est une personne qui a le temps et l'autorité d'agir. »

RISKOPILOT RESEARCH · SERIE CONTROLES CRITIQUES

RISKOPILOT.COM
CONTACT@RISKOPILOT.COM