

- Engin
- Piéton
- Récit accident
- Dispositif anti-collision

► Jacques MARSOT,
Philippe CHARPENTIER,
INRS, département Ingénierie des équipements de travail

► Claire TISSOT,
INRS, département Etudes, veille et assistance documentaires

MOBILE MACHINE-PEDESTRIAN COLLISIONS – ANALYSIS OF ACCIDENTS REPORTS ON EPICEA DATABASE

Preventing collisions between mobile machines and pedestrians represents a problem concerning very many activity sectors including building and civil engineering, handling, refuse collection and transport/logistics. In all these sectors, the potential problem of a collision arises as soon as men and machinery are close together.

This paper introduces an analysis of EPICEA database accident reports for machine-pedestrian collisions, especially in the building and civil engineering (graders, loaders, rollers, etc.), transport (lorry manoeuvres), handling machines (driver-controlled trucks) and household refuse collection (dustbin lorries) sectors.

We then discuss the potential advantages of a pedestrian detection system to prevent these collisions and introduce the INRS-launched research project on these new technology contributions

- Mobile machine
- Pedestrian
- Accident report
- Anti-collision system

COLLISIONS ENGINS-PIÉTONS

Analyse des récits d'accidents de la base EPICEA

La prévention des collisions entre des engins mobiles et des piétons est une problématique qui concerne un grand nombre de secteurs d'activité : BTP, manutention, collecte des déchets, transport/logistique. Dans chacun de ces secteurs, le problème potentiel de la collision se pose dès lors qu'il existe une proximité entre les hommes et les machines mobiles.

Cet article présente une analyse des récits d'accidents de la base EPICEA sur les collisions engins-piétons et, ce, plus particulièrement dans les secteurs du BTP (niveleuses, chargeuses, compacteurs...), du transport (manœuvres des camions), des engins de manutention (chariots à conducteur porté) et de la collecte des ordures ménagères (bennes à ordures ménagères).

Nous discutons ensuite de l'intérêt potentiel d'un dispositif de détection de personnes pour prévenir ces collisions et nous présentons le projet de recherche engagé par l'INRS sur l'apport de ces nouvelles techniques.

Il existe de nombreux secteurs d'activité impliquant une coactivité entre des engins mobiles et des piétons et de ce fait, des risques de collision dont les conséquences sont généralement graves. Sur ces 10 dernières années, ce sont plus de 200 accidents qui ont été constatés, dont plus de la moitié mortels.

Pour prévenir ce type de risque, la première mesure consiste à séparer les zones de circulation des engins de celles des piétons [1 - 3]. Néanmoins, il subsistera toujours des situations de travail pour lesquelles la coactivité ou la proximité entre les piétons et les engins ne peut être évitée. Vis-à-vis de ces situations, les constructeurs se sont d'abord attachés à améliorer la visibilité du conducteur depuis le poste

de conduite (visibilité directe, rétroviseur, caméra...) et, pour les manœuvres restant en conditions de visibilité restreintes (recul par exemple), à alerter les piétons par des avertisseurs sonores, des lampes à éclats...

Ensuite, des systèmes destinés à détecter le contact entre l'engin et le piéton (pare-chocs sensibles, panier de sécurité) ont été mis en place. Ils sont cependant insuffisants pour assurer efficacement la sécurité des piétons, du fait même de leur principe de fonctionnement qui ne permet pas d'éviter la collision, mais uniquement d'en limiter le dommage. Ils présentent également des inconvénients pratiques d'utilisation : augmentation du nombre de manœuvres dans certaines phases du travail de par leur encombrement, difficulté

de réglage et de maintien en fonctionnement du fait de conditions d'exploitations sévères.

En conséquence, de nouvelles actions de prévention sont aujourd'hui engagées, tant par les constructeurs que par les exploitants et les préventeurs. L'évolution de la technique fait qu'elles se focalisent sur l'intérêt d'utiliser des dispositifs tels que les lasers [4], les ondes radioélectriques [5], les ultrasons, le radar, la vision numérique...

C'est dans ce cadre que nous avons analysé les récits d'accidents contenus dans la base de données EPICEA¹. Bien qu'elle ne soit pas exhaustive car centrée sur les accidents graves et surtout mortels, c'est un des moyens les plus complets à notre disposition pour étudier les caractéristiques des accidents du travail et, ainsi, évaluer l'intérêt potentiel des dispositifs de détection de personnes comme solution de prévention.

ANALYSE DE LA BASE EPICEA

Les domaines d'activité présentant des risques de collision engins-piétons sont aujourd'hui connus. Il s'agit principalement du BTP² (niveleuses, chargeuses, compacteurs...), du transport, de la logistique, de la manutention (manœuvres des camions, de chariots à conducteur porté) et de la collecte des déchets (BOM³). Nous avons donc dans un premier temps, interrogé la base EPICEA sur la période 1997-2008 par sélection sur l'élément matériel (cf. *Tableau 1*).

Ensuite, afin d'identifier ceux relatifs à une collision avec un piéton, nous avons effectué une deuxième requête sur la présence d'un tiers et le type d'accident (choc, heurt, écrasement-coincement autre que par la partie travaillant d'une machine).

Ainsi, sur les 2 157 accidents répertoriés par les éléments matériels retenus, 325⁴ (soit 15 %) concernent effectivement des collisions entre des engins mobiles et des piétons. Ils peuvent être répartis selon les éléments matériels précédemment identifiés (cf. *Figure 1*).

TABLEAU 1

Code des éléments matériels (EPICEA)

Chariots transporteurs élévateurs ou gerbeurs	Véhicules utilitaires de moins de 3,5 tonnes	Transports en commun sur route
EM 0611	EM 0804	EM 0806
Appareils de levage et de manutention non précisés ou non classés	Camions de plus de 3,5 tonnes	Piétons accrochés par un véhicule
EM 0601-EM 0602	EM 0805	EM 0813
Engins de chantier	Voitures particulières	Véhicules non précisés ou non classés
EM 27	EM 0803	EM 0801 - EM 0802

FIGURE 1

Répartition des accidents « collisions engins-piétons » répertoriés dans EPICEA par élément matériel

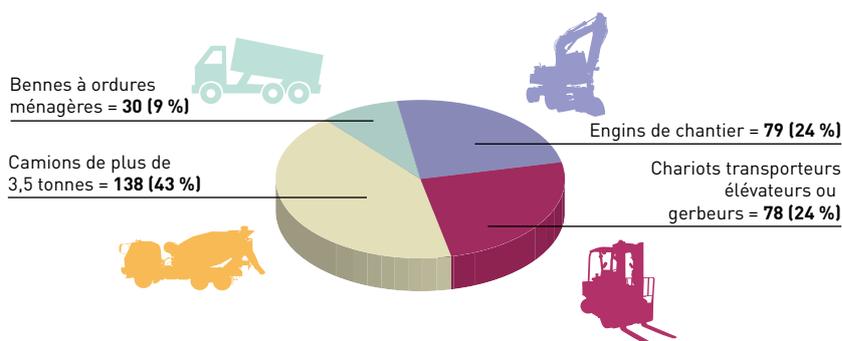
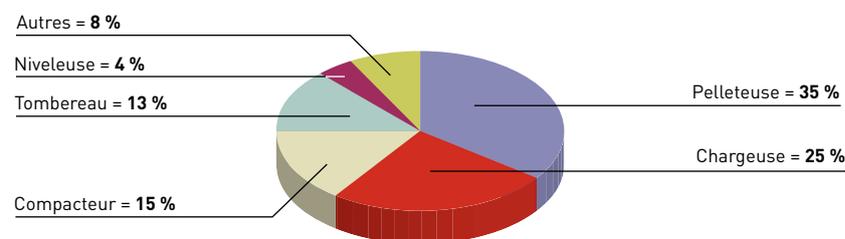


FIGURE 2

Répartition par type d'engins impliqués dans les accidents



Comme rappelé en introduction, l'objectif de cette analyse des résumés d'accidents est d'évaluer l'intérêt potentiel des dispositifs de détection de personnes comme solution de prévention. Chacun de ces 325 résumés a donc été examiné de façon détaillée afin d'identifier les éléments suivants :

- le type d'engins,
- les circonstances (marche avant, recul, activité du piéton...) et le lieu de l'accident (chantier, carrière, voie publique...),
- les facteurs d'accidents (manque de visibilité, perte d'équilibre, jour/nuit, pluie...),
- les mesures de prévention préconisées.

Au regard de ces informations, nous avons ensuite tenté d'évaluer la pertinence de dispositif de détection de personnes pour prévenir ces accidents.

¹ EPICEA : étude de prévention par informatisation des comptes rendus d'enquêtes d'accidents du travail.

² BTP : bâtiment et travaux publics.

³ BOM : bennes à ordures ménagères.

⁴ Ce nombre n'est pas exhaustif, étant donné la difficulté à identifier ces accidents sans avoir à lire des centaines de récits, mais il permet de dresser un état des lieux des circonstances de leur survenue.

FIGURE 3

Répartition du parc machines en 2006

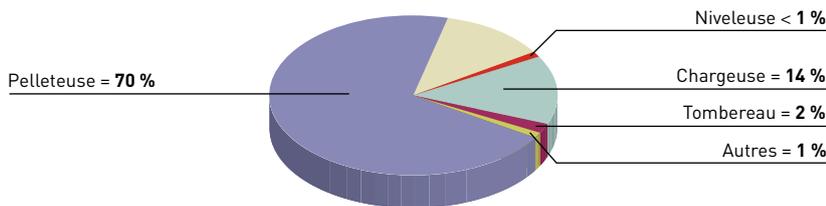


FIGURE 4

Dangerosité relative des engins de chantier

(% d'accidents répertoriés dans EPICEA par engins / % du parc machines par type d'engin)

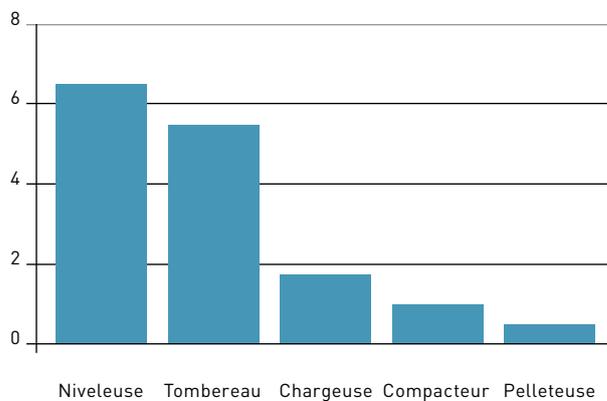


FIGURE 5

Répartition des accidents par type de manœuvres

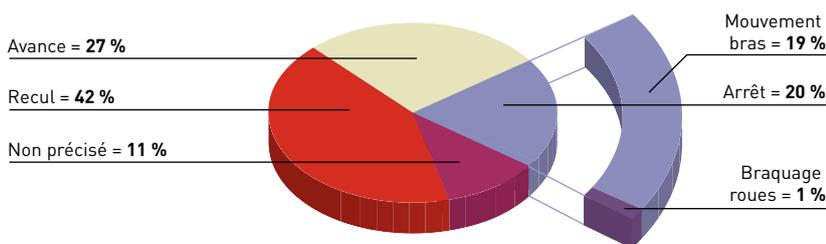
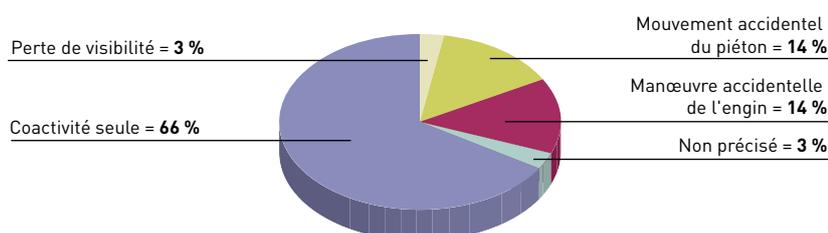


FIGURE 6

Causes potentielles des collisions



ENGINS DE CHANTIERS

Entre 1997 et 2008, on recense dans la base EPICEA, 79 comptes rendus d'accidents concernant des collisions entre des engins de chantiers et des piétons.

Concernant les types d'engins, il s'agit d'une pelle mécanique (ou pelle-teuse ou mini-pelle) dans 28 cas, d'une chargeuse dans 20, d'un compacteur dans 12, d'un tombereau dans 10 cas, d'une niveleuse dans 3, d'un porte-char, d'une épandeuse, d'une piqueuse et d'une balayeuse dans 1 cas. Dans 2 cas, ce n'est pas précisé (cf. Figure 2).

Si le nombre d'accidents mettant en cause des pelleteuses est le plus élevé (1/3), une des raisons est qu'elles représentent à elles seules près des 70 % du parc machine (cf. Figure 3). Inversement les niveleuses, qui représentent moins d'un pour cent du parc machines, sont impliquées dans 4 % des accidents.

Ainsi, si l'on ramène la répartition des accidents recensés dans EPICEA par type d'engins aux données relatives au parc machines⁵, on constate que ce sont les niveleuses et les tombereaux qui seraient les plus « dangereux » (cf. Figure 4).

L'analyse détaillée des résumés de ces accidents montre également qu'ils surviennent plus souvent en marche arrière (33) qu'en marche avant (21). Dans 15 cas, il s'agit du mouvement du bras d'une pelleteuse et un cas concerne le braquage des roues. Dans 9 cas, il n'y a pas de précision à ce sujet (cf. Figure 5).

La victime est écrasée par l'engin lui-même dans la majorité des cas (66) et contre un obstacle (mur, poteau, quai, autre véhicule, etc.) dans 13 cas. Bien que n'appartenant pas toujours à la même entreprise, le conducteur de l'engin et la victime font systématiquement partie du même « chantier ». Par nature, ces accidents se produisent toujours en extérieur.

Concernant les circonstances, si la coactivité est la cause principale (54 cas), il est également fait mention (cf. Figure 6) :

■ de perte de visibilité par éblouissement (soleil) ou par manque de luminosité (nuit) dans 2 cas,

⁵ Source SEIMAT (syndicat des constructeurs et importateurs de matériels TP), 2006

■ d'une manœuvre accidentelle (12),

■ de la perte d'équilibre ou d'un mouvement brusque d'une personne se trouvant volontairement à proximité de l'engin et, ce, en accord avec le conducteur (11).

Dans un cas, il n'y a pas de précision sur les circonstances.

On recense systématiquement des mesures organisationnelles dans les mesures de prévention préconisées. Des actions de formation sont proposées dans la moitié des cas ainsi que des mesures techniques ayant pour but :

■ d'améliorer la visibilité dans 22 cas (retroviseur, caméra de recul),

■ de détecter des piétons dans 11 cas,

■ d'éviter des commandes intempestives dans 8 cas,

■ de mettre à disposition des moyens de communication entre conducteurs et piétons dans 2 cas,

■ de réduire la vitesse des engins dans 1 cas.

Dans 8 cas, aucune mesure de prévention n'est préconisée.

CHARIOTS DE MANUTENTION À CONDUCTEUR PORTÉ

Sur la période 1997-2008, 78 comptes rendus d'accidents concernant des collisions entre des chariots de manutention et des piétons ont été identifiés dans EPICEA.

L'analyse détaillée de ces résumés montre qu'ils surviennent plus souvent en marche arrière (38) qu'en marche avant (29). Dans 11 cas, le sens de marche n'est pas précisé (cf. Figure 7). La victime est écrasée par l'engin lui-même dans la majorité des cas (71) et contre un obstacle (mur, poteau, quai, autre véhicule...) dans 7 cas.

Dans seulement 11 cas sur les 78 répertoriés, le conducteur et la victime n'appartiennent pas à la même entreprise. C'est par exemple le cas lorsque la victime est un chauffeur routier qui attend le déchargement de son camion. Pour ce qui est du lieu de l'accident, 48 se produisent en intérieur, 28 en extérieur (non précisé dans 2 cas).

Concernant les circonstances, si la coactivité entre engins et piétons est la cause principale, il est également fait mention de facteurs complémentaires (cf. Figure 8) :

FIGURE 7

Répartition des accidents par type de manœuvre pour les chariots de manutention

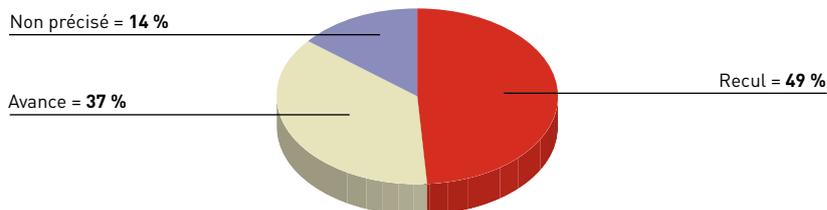


FIGURE 8

Causes potentielles des collisions pour les chariots de manutention

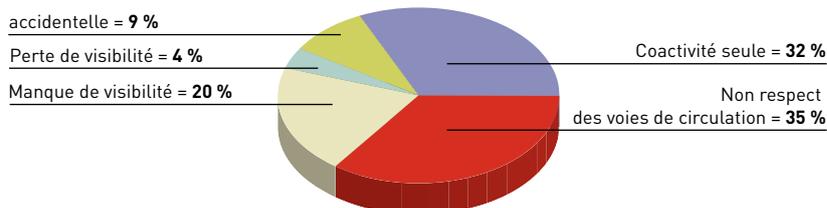
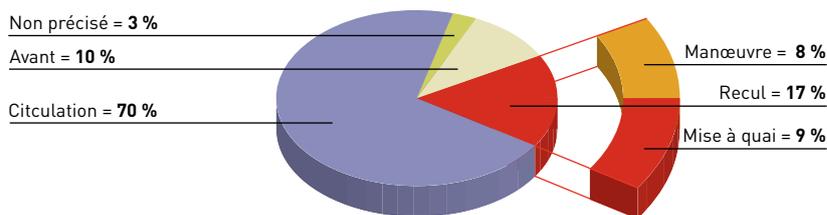


FIGURE 9

Répartition des accidents par type de manœuvre pour les camions de + 3,5 T



■ non respect des couloirs de circulation dans 24 cas (allée piétonne obstruée, inattention des piétons, raccourci, etc.) ou des croisements entre ces voies (5),

■ manque de visibilité dans 16 cas (10 à cause de la charge transportée et 6 liés aux angles morts),

■ perte de visibilité accidentelle dans 3 cas (éblouissement par le soleil, par les phares d'un camion, par l'envol d'une bache plastique sur le mât du chariot),

■ manœuvre accidentelle du conducteur (6) ou du piéton (1).

Suite à ces accidents, les mesures de prévention préconisées font systématiquement référence à des actions de formation et/ou des mesures organisationnelles. Ces mesures ont toutefois leurs limites car près de la moitié de ces accidents surviennent malgré des règles de circulation (séparation piétons/engins) pré-existantes, suite à des fautes d'inattention, des pertes d'équilibre des piétons, d'encombrements sur les voies. On recense également des mesures techniques ayant pour but :

■ d'améliorer la visibilité dans 15 cas (retroviseur, caméra),

■ de réduire la vitesse des chariots dans 4 cas,

■ de détecter des piétons dans 3 cas.

CAMIONS DE TRANSPORT ROUTIER

L'analyse détaillée des résumés des 138 comptes rendus d'accidents recensés dans la base EPICEA (1997-2008) concernant des collisions entre des camions et des piétons montre que pour 85 d'entre eux, il s'agit d'accidents de la circulation : salarié renversé en traversant une chaussée ou se déplaçant en bordure de route.

Sur les 53 accidents restants, 37 surviennent lors du recul en vitesse lente du véhicule (dont 10 lors de la mise à quai), 13 lors du démarrage en marche avant (cf. Figure 9). La victime est écrasée (cf. Figure 10) :

FIGURE 10

Causes potentielles des collisions pour les camions de + 3,5 T

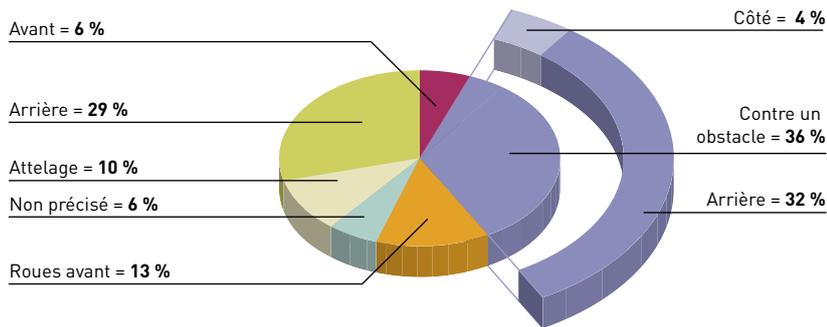


FIGURE 11

Répartition par type de manœuvre pour les BOM

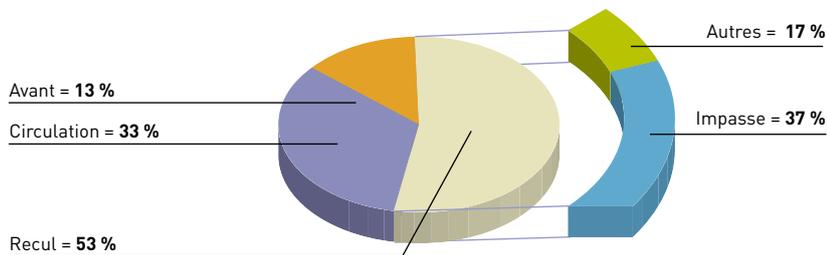
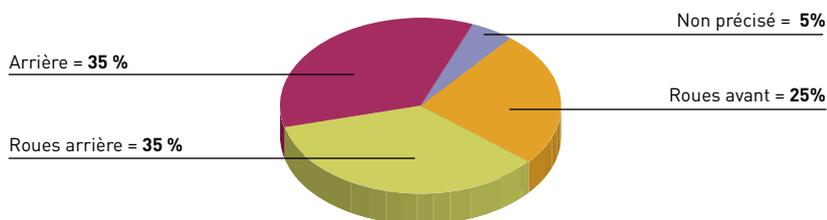


FIGURE 12

Répartition des accidents en fonction de l'endroit de la collision pour les BOM



■ contre un obstacle (mur, poteau, quai, autre véhicule, etc.) dans 15 cas dont 13 avec l'arrière du camion et 2 avec le côté,

■ en étant pris au niveau de l'attelage (6),

■ en passant sous le véhicule suite à un choc à l'arrière (18), un choc à l'avant (4),

■ par la roue avant droite (6) ou avant gauche (1).

Pour les 3 restants, les conditions ne sont pas précisées.

On constate également que dans 21 cas, la victime est une personne que le conducteur sait être à proximité du véhicule (personnes assistant le conduc-

teur dans la réalisation de manœuvres ou venant de descendre du véhicule). Dans 7 cas, la victime s'est même placée volontairement derrière le véhicule, en accord avec le chauffeur.

Concernant les lieux des accidents, ils sont, sauf une exception (atelier de garage), systématiquement survenus en extérieur. Il s'agit d'un quai de déchargement dans 8 cas, d'une cour ou d'un parking dans 22 cas, d'un chantier dans 16 cas et de la voie publique dans 6 cas. Ces accidents sont a priori tous survenus de jour.

Concernant le type de véhicule, il s'agit d'un camion dans 48 cas, d'une camionnette dans 4 cas et d'un bus dans 1 cas.

On note également que, lorsque des mesures de prévention sont préconisées, on trouve systématiquement des mesures organisationnelles. Des mesures techniques ayant pour but d'améliorer la visibilité sont indiquées dans 8 cas et il est fait mention de systèmes de détection de personnes dans 3 cas. Dans 9 cas, aucune mesure de prévention n'est préconisée.

BENNES À ORDURES MÉNAGÈRES

Sur la période 1997-2008, 30 récits d'accidents concernant des collisions entre des bennes à ordures ménagères et des piétons ont été identifiés dans EPICEA. Leur analyse montre que pour 10 d'entre eux (1/3), il s'agit d'accidents de la circulation : salarié renversé en traversant une chaussée ou écrasé suite à une collision avec un véhicule léger.

Pour les 20 récits restants, on constate qu'ils surviennent en majorité en marche arrière (16) dans des impasses ou rues étroites (11) (cf. Figure 11). La victime est écrasée entre un obstacle (mur, poteau, etc.) et l'arrière du véhicule dans 7 cas, par les roues arrière dans 7 cas, les roues avant dans 5 cas, dans 1 cas ce n'est pas précisé (cf. Figure 12).

Dans tous les cas, le conducteur et la victime sont de la même entreprise.

Concernant les circonstances, on constate qu'il s'agit (cf. figure 13) :

■ de perte d'équilibre de la victime alors qu'elle se trouvait sur le trottoir (3) ou à proximité du véhicule (4),

■ d'incompréhension entre le piéton et le chauffeur liée entre autre à un manque de formation dans le cas de salarié en intérim (5),

■ d'une visibilité insuffisante du fait de rétroviseurs mal positionnés ou absents, du non-port de vêtements réfléchissants la nuit (4),

■ d'une fausse manœuvre du conducteur (1).

Trois comptes rendus ne sont pas suffisamment précis pour en déduire une cause potentielle.

En ce qui concerne les mesures de prévention préconisées, si on trouve systématiquement des mesures organisationnelles et de formation, il est également fait mention de mesures techniques visant à :

- améliorer la visibilité dans 4 cas (rétroviseur ou caméra vidéo),
- détecter le ripeur sur le marchepied dans 6 cas,
- détecter les ripeurs à proximité du camion dans 3 cas.

Dans 3 cas, aucune mesure de prévention n'est préconisée.

EVALUATION DE L'INTÉRÊT DES DISPOSITIFS DE DÉTECTION DE PERSONNES

Depuis 2000, des dispositifs de détection de personnes apparaissent sur le marché, que l'on peut implanter sur des machines mobiles pour la prévention des collisions engins – piétons. Ces dispositifs sont basés sur différents principes physiques laser, ultrasons, radar, ondes radioélectriques, vision numérique...

Nous avons, à partir des informations contenues dans les récits d'accidents, tenté d'évaluer la pertinence de ces principes de détection comme solution de prévention.

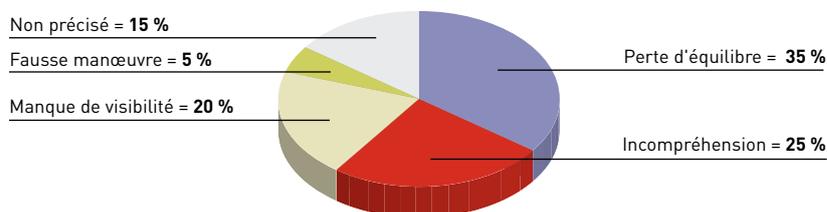
HYPOTHÈSES

Nous nous sommes placés dans l'hypothèse d'un système de détection « parfait » (pas de fausse ou d'absence de détection, zone de détection parfaitement définie...). Ce n'est qu'en fonction des éléments liés aux circonstances de l'accident que l'efficacité de ces principes de détection a été estimée.

Pour les dispositifs laser et ultrasons qui détectent tout type d'obstacle, nous avons considéré qu'ils n'étaient a priori pas efficaces dès lors que l'engin travaille à proximité d'un obstacle et que la victime se fait coincer entre l'engin et cet obstacle. En effet, dans ce type de situation, le système de détection est

FIGURE 13

Causes potentielles des collisions pour les BOM



déjà en alarme du fait de l'obstacle.

Exemple : [...] L'excavation de la tranchée pour la future canalisation enterrée étant réalisée par une pelle mécanique. Ses dimensions, adaptées à la tranchée à réaliser ainsi que l'emplacement de l'axe de celle-ci sur une voie étroite font que son contrepoids vient frôler un mur en maçonnerie de meulière longeant cette voie lors des rotations de la pelle[...] La victime a cherché à passer à un moment entre le mur et la pelle et s'est fait écraser mortellement contre le mur par le contrepoids de la pelle lors d'une rotation de celle-ci.

Dans le cas de dispositifs à ondes radios qui nécessitent le port d'un « marqueur » (badge) par le piéton, nous avons considéré que celui-ci était porté dès lors que la victime et le conducteur sont de la même entreprise, ou qu'ils travaillent de façon concertée sur le même chantier. Dans tous les autres cas, ce système a été considéré comme inefficace.

Exemple : [...] La victime quittait les vestiaires en tenue de ville à la fin de son service et traversait la cour de l'entreprise. A ce moment, un véhicule poids lourd effectuait une manœuvre de marche arrière sur cette même cour. Une collision entre la victime et le poids lourd a entraîné un écrasement de la victime au niveau de la poitrine entre le sol et la barre anti-encastrement du camion. Elle décède immédiatement.

Dans le cas où il est fait mention de conditions environnementales particulières (soleil, éblouissement, obscurité), le principe de détection par vision a été considéré comme non adapté.

[...] La victime rejoignait l'installation de concassage par le chemin le plus court, c'est-à-dire en traversant une piste de circulation des engins et de camions. C'est à ce moment qu'elle se fait renverser et écraser par une chargeuse et meurt de suite. Le conducteur de cette chargeuse,

plus de 20 ans d'ancienneté à ce poste dans l'entreprise, n'a pas vu la victime, ayant été ébloui par un soleil très lumineux et rasant.

Pour les accidents où la victime est masquée juste avant la collision (par exemple par une palette, un rayonnage...), seul le principe par ondes radios a été retenu comme pertinent.

[...] Pour éviter un autre chariot, le conducteur d'un chariot élévateur frontal chargé de palettes vides a enclenché la marche arrière tout en regardant à l'arrière, sur son côté droit. A ce même moment, la victime arrivait à pied, d'une allée perpendiculaire sur la gauche du chariot. Elle a heurté le chariot et sa jambe gauche a été happée au niveau des roues jumelées du chariot. La victime a été blessée au tibia, à l'articulation du péroné et a été transportée à l'hôpital.

Enfin, tous les accidents où la victime se trouve être à proximité de l'engin, en accord avec le conducteur, ont été considérés comme ne pouvant pas être prévenus par un système de détection, quel que soit le principe de celui-ci.

[...] Lors d'une opération d'enrobage, la victime guidait le camion-benne rempli d'enrobé, afin que le matériau soit déposé à l'endroit idéal. Pour cela, l'employé se trouvait derrière le camion de livraison. Le klaxon de recul fonctionnait. Au cours de la manœuvre, la victime s'est retrouvée coincée entre l'arrière de la benne du camion et le haut de la cabine d'un mini-chargeur. Victime d'un écrasement thoracique, le salarié perd connaissance et décède de suite sur les lieux de l'accident en dépit des secours rapidement sur les lieux.

RÉSULTATS

Avec ces hypothèses, un système de détection aurait été a priori utile dans environ 60 % des cas. On ne constate

FIGURE 14a

Efficacité supposée des principes de détection vis-à-vis des collisions engins - piétons : répartition par principe

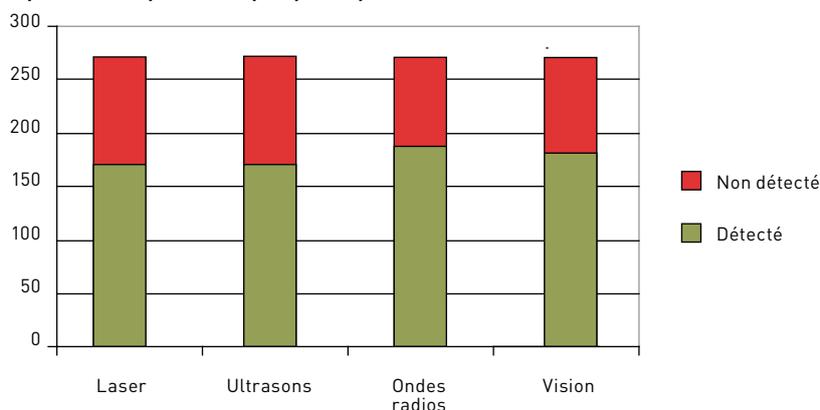


FIGURE 14b

Efficacité supposée des principes de détection vis-à-vis des collisions engins - piétons : répartition par type d'engins

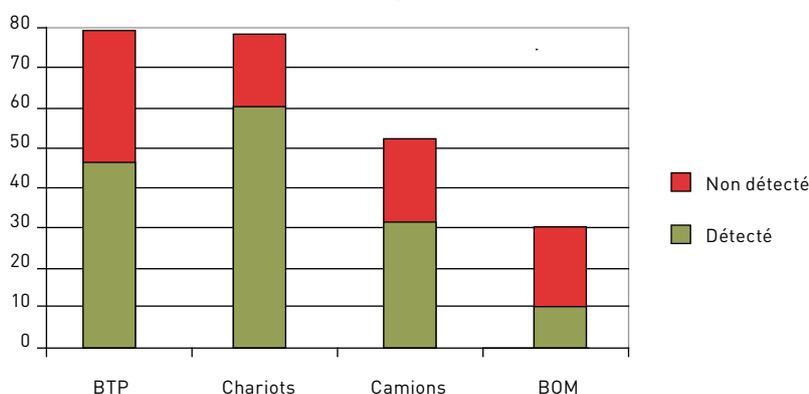


FIGURE 15

Répartition par type d'engin des collisions engins - piétons enregistrées dans EPICEA entre 1997 et 2008

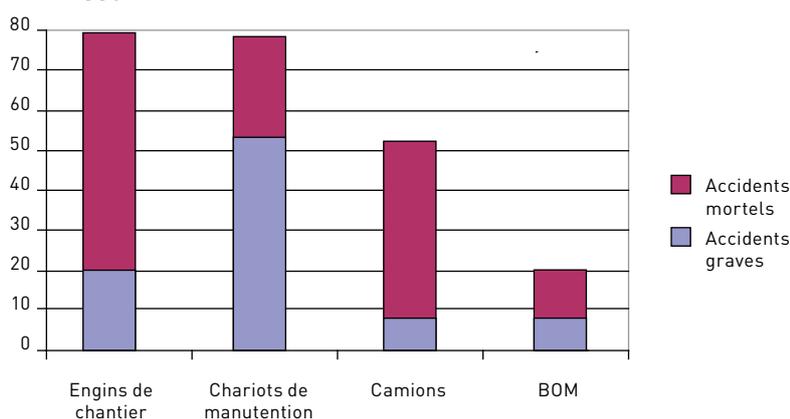
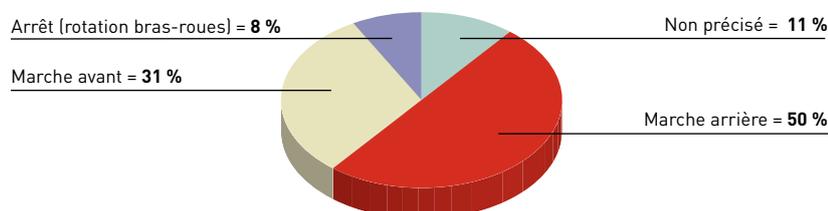


FIGURE 16

Répartition en fonction du mouvement de l'engin des collisions - engins piétons enregistrées dans EPICEA entre 1997 et 2008



pas de différence significative en termes d'efficacité entre les différents principes de détection (cf. Figure 14a). En effet, les circonstances particulières évoquées précédemment, qui auraient dû permettre cette différenciation, ne représentent que 10 % des cas.

Les cas où ces détecteurs sont considérés comme inefficaces sont principalement ceux pour lesquels la victime se trouve être à proximité de l'engin et ce, en accord avec le conducteur. Le fait que ce type de circonstances soit moins souvent cité dans les comptes rendus d'accidents impliquant des chariots élévateurs explique le fait que les systèmes de détection semblent plus efficaces pour ce type d'engins (cf. Figure 14b).

SYNTHÈSE ET PERSPECTIVES

Le problème de la collision entre engins et piétons existe pour de nombreux secteurs d'activité, il est confirmé par les statistiques relevées dans les bases de données d'accidents.

Sur la période 1997-2008 et par rapport aux éléments matériels retenus (camions, engins de BTP, chariots de manutention), 2 157 accidents sont répertoriés dans la base de données EPICEA dont 325, soit environ 15 %, concernent réellement des collisions engins-piétons (cf. Figure 15).

Globalement, ces accidents surviennent plus en marche arrière, notamment pour les BOM où ils représentent 80 % des accidents alors qu'en moyenne la proportion est de 50 % (cf. Figure 16).

Bien que la base EPICEA soit centrée sur les accidents mortels, on constate toutefois des différences en termes de gravité entre ceux impliquant des chariots élévateurs et ceux mettant en cause des camions ou des engins de chantiers. A la lecture des comptes rendus d'accidents, ce constat peut s'expliquer par la taille et l'inertie des engins qui font que non seulement la visibilité au poste de conduite est réduite mais également que le conducteur ne se rend généralement pas compte de l'accident.

Des dispositifs de détection existent, que l'on peut maintenant raisonnablement envisager d'implanter sur des machines mobiles en complément d'autres mesures de prévention.

Depuis quelques années, des dispositifs de détection apparaissent sur le marché, basés sur des technologies laser, ultrasons, radar, ondes radioélectriques et vision numérique. Mais compte tenu de l'état actuel de la technique, aucun de ces détecteurs de personnes n'a la capacité à lui seul de répondre à l'ensemble des situations rencontrées.

Par ailleurs, aucun fabricant de ces dispositifs ne revendique à ce jour la notion de dispositif de protection. En conséquence, ils ne peuvent être utilisés que comme dispositifs d'aide à la conduite (cf. *Encadré*). En termes de hiérarchie des mesures de prévention, ils arrivent donc en toute dernière position comme des dispositifs complémentaires aux autres mesures de prévention existantes (séparation des voies de circulation, amélioration de la visibilité directe ou indirecte, limitation des vitesses, panier de recul, formation...).

Néanmoins, ils pourraient dans un peu plus de la moitié des situations accidentelles résiduelles, alerter efficacement le conducteur de la présence d'une personne à proximité de l'engin et lui permettre ainsi d'éviter l'accident⁶.

Avant toute installation d'un tel système de détection, il est important que l'utilisateur spécifie de façon détaillée son besoin en se basant sur la démarche de réduction du risque préconisée par la norme EN 12100-1 [8] à savoir :

- spécifier les limites et l'utilisation de l'engin,
- identifier les situations dangereuses (avance, recul, manœuvre, phase de démarrage, vitesse établie...) et les zones associées (avant, arrière, côté...),
- estimer le risque pour chacune des situations dangereuses identifiées afin de prendre des décisions quant à la nécessité d'installer ou non un système de détection de personnes.

Il doit ensuite spécifier techniquement la ou les fonctions de détection souhaitées en termes de :

- capacité de détection (taille du plus petit objet à détecter, distance de détection, dimension et localisation de la zone de détection, temps de réponse),

■ contraintes particulières (obstacles dans la zone de détection, fumées, poussières, eau...),

■ type et positionnement des signaux d'alarme (sonore, visuelle...).

LE PROJET PRECEP

Ces évolutions techniques et leurs potentialités en termes de prévention des collisions sont à l'origine de nombreuses demandes issues des services prévention des CRAM⁷, mais aussi des fédérations professionnelles et des utilisateurs. Toutes montrent une préoccupation commune qui devra à terme être prise en compte dès la conception des engins mobiles.

Cette modification du contexte entraîne une évolution de l'état de l'art. Ainsi, la recommandation R 434 de la CNAMTS adoptée en novembre 2007 fait état de ces dispositifs de détection de personnes comme solutions techniques de prévention des collisions engins-piétons, ce que les précédentes recommandations n'abordaient que de façon très superficielle.

Dans le même domaine, la norme NF ISO 16001 [9] publiée en 2008 définit les modes opératoires d'essai et établit les critères relatifs au développement de systèmes de détection des risques et d'aide visuelle permettant de détecter la présence de personnes à proximité des engins de terrassement.

Compte tenu de ce contexte, l'INRS a engagé un projet de recherche PRECEP⁸ (2009-2012) qui associe plusieurs départements de l'INRS ainsi que des partenaires externes institutionnels et industriels. Son objectif est d'apporter aux utilisateurs et aux concepteurs d'engins, ainsi qu'aux préventeurs, des éléments de réponse pour traiter les risques liés aux collisions engins-piétons et mettre en place les solutions adéquates pour prévenir ces risques. Il s'agit :

- de proposer un cadre pour fédérer et consolider les actions de prévention menées dans les CRAM et les entreprises,
- de caractériser précisément les avantages et les limitations de chacune des technologies utilisables pour la détection de piétons et élaborer une démarche pour leur choix et leur implantation. Il existe en effet un certain nombre de systèmes techniques d'aide à la conduite, mais aucun n'a à lui seul la capacité de

détecter des personnes dans l'ensemble des situations de travail rencontrées. En conséquence, il faut se donner les moyens de choisir le ou les capteur(s) et l'interface homme-machine qui sera(ont) le(s) mieux adapté(s) pour répondre aux problèmes posés,

■ de contribuer à l'émergence de dispositifs innovants dans ce domaine, par exemple en poursuivant les expérimentations en cours sur les dispositifs par ondes radios ou encore se rapprochant des acteurs du secteur de l'automobile ou de la vidéosurveillance qui ont beaucoup investi sur la détection de piétons [10],

■ d'élaborer des guides de choix, de bonnes pratiques, des supports audiovisuels et multimédia, des modules de formation...

Reçu le : 04/09/2009

Accepté le : 15/10/2009

⁶ Il est important de rappeler que cette estimation n'est qu'indicative car elle se base sur l'adéquation théorique des principes de détection vis-à-vis des circonstances décrites dans les comptes rendus d'accidents EPICEA.

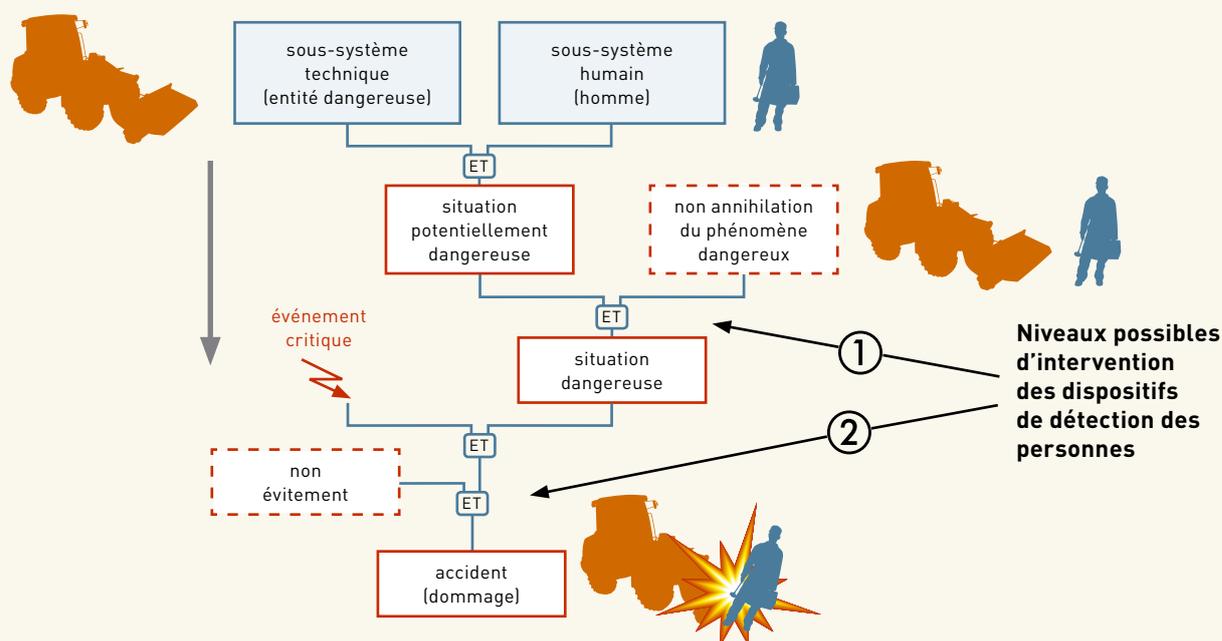
⁷ CRAM : Caisse régionale d'assurance maladie.

⁸ PRECEP : Prévention des collisions engins - piétons.

ASSISTANCE À LA CONDUITE VERSUS AIDE À LA CONDUITE

Il est important de rappeler qu'en fonction de leurs caractéristiques fonctionnelles et de leur niveau de sécurité, les dispositifs de détection de personnes peuvent théoriquement agir à différents niveaux du processus accidentel tel qu'il est classiquement représenté dans le domaine des machines. Du fait de son énergie cinétique, un engin mobile est considéré comme étant une entité dangereuse. Associée à ce système technique, la présence de piétons implique la survenue de situations potentiellement dangereuses. Toute situation potentiellement dangereuse ne conduit pas pour autant au dommage. Encore faut-il que l'enchaînement des différentes étapes soit conditionné par d'autres facteurs : persistance de phénomènes dangereux (déplacement de l'engin et/ou du piéton), apparition d'événements critiques (perte d'équilibre, manœuvre intempestive, défaillance technique...), non-possibilité d'évitement (vitesse élevée, manque de visibilité...).

A titre d'information, les mesures de prévention qui consistent à séparer les flux de piétons des zones d'évolution des engins se situent en amont de ce processus. Elles relèvent de la prévention intrinsèque car elles évitent la création de situations potentiellement dangereuses.



Représentation simplifiée d'un processus accidentel

① Les dispositifs de détection de personnes peuvent agir relativement en amont du processus accidentel en empêchant qu'une situation potentiellement dangereuse ne se transforme en situation dangereuse. Dans ce cas, ils contribuent à ce que l'homme évolue dans un espace préalablement défini comme étant une zone protégée (ou à accès protégé). Si une personne venait à pénétrer dans une telle zone, sa présence serait immédiatement détectée et le phénomène dangereux annihilé (arrêt de l'engin par action automatique sur les freins, par exemple). Ils seraient alors considérés comme des dispositifs de protection à part entière et, à ce titre, entreraient dans le champ d'application de la directive 2006/42/CE, dite « Machines » [6]. Ils devraient alors non seulement satisfaire à des exigences fonctionnelles en termes de capacité de détection mais également aux exigences essentielles de sécurité qui leurs sont applicables listées à l'annexe I de cette directive.

② Ils peuvent également agir en fin de processus accidentel en informant le conducteur par un signal d'alarme de la présence d'une personne dans la zone surveillée. Ce signal peut être sonore et/ou visuel pour être perceptible dans l'environnement de travail du conducteur. Dans ce cas, le conducteur garde l'entière maîtrise décisionnelle des mouvements de l'engin. Au sens de la norme EN 12100-2 [6], il ne s'agit alors plus de dispositifs de protection mais de moyens de prévention complémentaires qui permettent d'éviter des situations dangereuses imminentes. En conséquence, ils ne dispensent en aucun cas du respect des consignes existantes relatives à la sécurité.

La recommandation R 434 de la CNAMTS [3], distingue ces cas de figure en dénommant respectivement ces dispositifs : « Dispositifs d'assistance à la conduite » et de « Dispositifs d'aide à la conduite ».

BIBLIOGRAPHIE

- [1] FERNANDEZ J.C. – Prévention des accidents causés par le recul des engins mobiles. *Cahiers de Notes Documentaires*, 1997, 166, pp. 143-155.
- [2] POMIAN J.L. et all. – La circulation en entreprise. ED 975, INRS, Paris, 2006, 87 p.
- [3] Prévention des risques occasionnés par les véhicules et engins circulant ou manœuvrant sur les chantiers du BTP - R 434, CNAMTS, 1^{ère} édition, juin 2008, ISBN 978-2-7389-1662-4, 4p.
- [4] LAMPERT S. – Compacteurs routiers : gare aux piétons, *Travail & Sécurité* n° 668, décembre 2006, pp. 30-32.
- [5] LARCHER C. – Essais pour détecter les piétons sur les chantiers, *Travail & Sécurité* n° 683, avril 2008, pp. 40-41.
- [6] Directive 2006/42/CE du parlement européen et du conseil du 17 mai 2006 relative aux machines. JO-UE, L 157, 6 juin 2006, pp. 24-86.
- [7] NF EN ISO 12100-2 - Safety of Machinery – Basic concepts, general principles for design. Part 2 : Technical principles. AFNOR, Paris, January 2004, 44 p.
- [8] NF EN ISO 12100-1 - Safety of Machinery – Basic concepts, general principles for design. Part 1 : Basic terminology, methodology. AFNOR, Paris, January 2004, 45 p.
- [9] NF ISO 16001 – Engins de terrassement – Dispositifs de détection des risques et aide visuelle, mai 2008, 51 p.
- [10] GARDEUX F., MARSOT J. – Collision engins-piétons : un état des connaissances des dispositifs de détection de piétons dans le secteur automobile, (à paraître, HST, INRS).