

## Proxinov – Omron

Les enjeux de la sécurité pour les robots mobiles



# Sommaire

Introduction

Comment appréhender la partie réglementaire

Fonctions instrumentées de sécurité liées à la plateforme

Risques liés à l'intégration

Risques liés à l'environnement

Conclusion

## Introduction

Plateforme mobile autonome



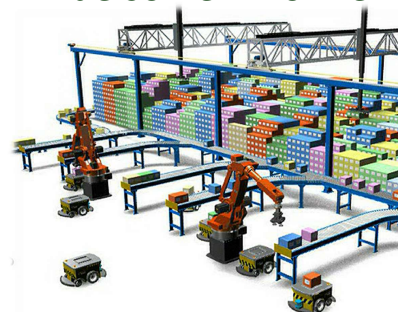
AIV (autonomous intelligent vehicle)  
Top intégré sur une  
plateforme mobile



Cycle d'intégration

Cycle d'analyse et  
d'évaluation du risque

Gestion d'une flotte d'AIV et  
de son environnement



## Introduction

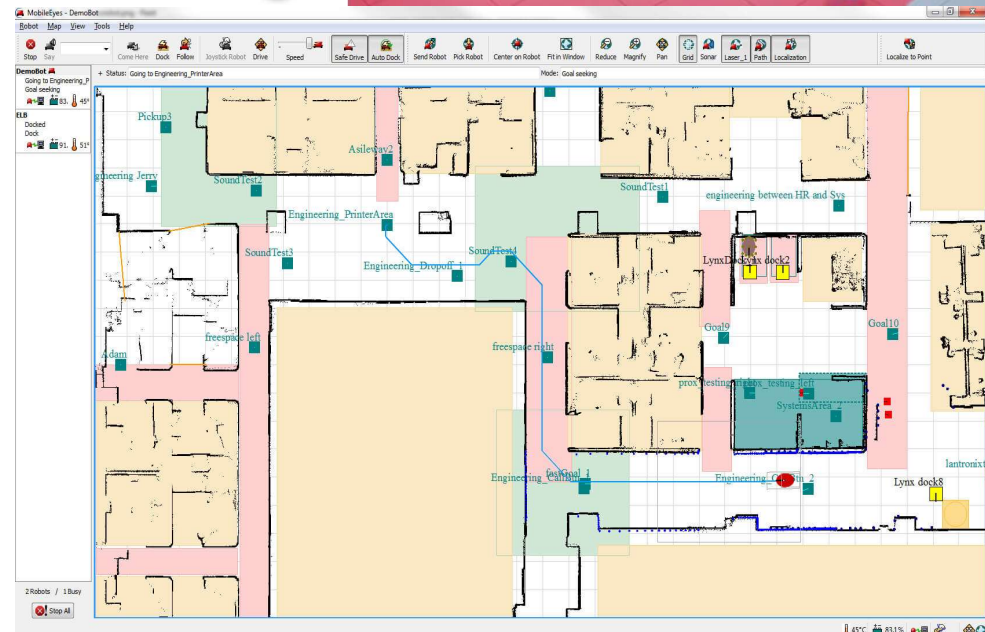
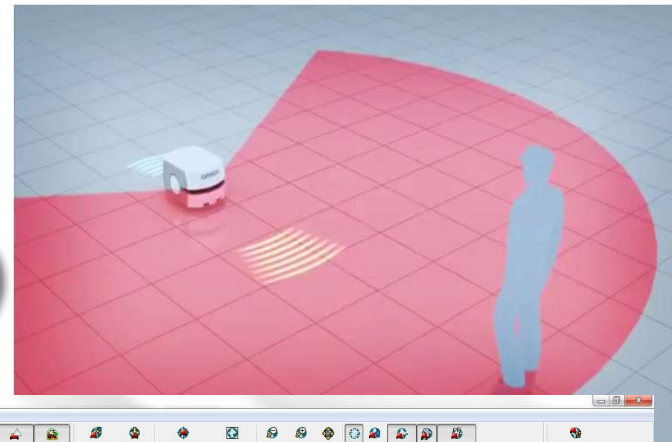
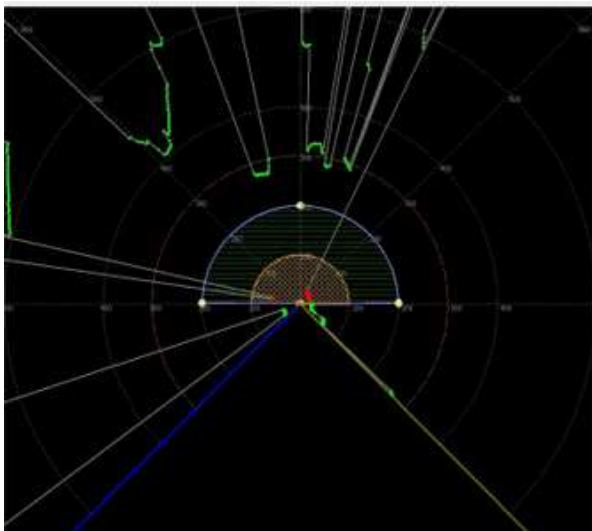
Qu'est-ce q'une plateforme mobile ?



## Introduction

Fonctionnement ?

Repérage spacial basé sur la technologie temps de vol  
du scrutateur laser



A large blue rectangular box with a 3D effect on the left side, serving as a background for the title text.

Comment appréhender la partie réglementaire

## Comment appréhender la partie réglementaire

### Environnement réglementaire et normatif lié à la plateforme mobile

**Au sens de la directive machine (2006/42/CE) la plateforme mobile est une quasi machine :**

Ensemble qui constitue presque une machine, mais qui ne peut assurer à lui seul une application définie. Un système d'entraînement est une quasi-machine.



Une plateforme mobile est uniquement destinée à être incorporée en vue de constituer une machine à laquelle la présente directive s'applique.

# Comment appréhender la partie réglementaire

## Environnement réglementaire et normatif lié à la plateforme mobile

Déclaration d'incorporation

Quasi-machine concernée

Liste des exigences essentielles de sécurité et de santé non respectées

Liste des directives et normes applicables

Document P/N: 13528-000 Rev. E

**EC DECLARATION OF INCORPORATION**  
 according to EC Directive 2006/42/EC, Annex II 1.B.

We, **Omron Adept Technologies, Inc.**, with Corporate Headquarters at 4550 Norris Canyon Road, Suite 150, San Ramon, CA 94583, USA, and Dr. Klaus Kluger authorized, European Technical Center at Revierstrasse 5, 44379 Dortmund, Germany, herewith declare that the partly completed machinery comprised of the following assemblies:

Equipment	Description	Model number
Mobile Robot	LD Series	7530/7540/7560-xxxx
	LD Series ESD	7530/7540/7560-xxxx
Charging Dock	LD Series Dock	1247-xxxxxx
Joystick Option	LD Series Joystick	13558-000

fulfills (within the scope of the partly completed machinery) the following essential requirements of the EC Machinery Directive 2006/42/EC:

- 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3, 1.1.5, 1.2, 1.3.2, 1.3.4, 1.5.1, 1.5.2, 1.5.4, 1.5.5, 1.5.10, 1.5.11, 1.5.12, 1.6.1

These products are designed and manufactured in accordance with the following Directives and Harmonized Standards (from 2-24-2017):

EU Directives:	Description
2006/42/EC	Machinery Directive
2014/30/EU	EMC Directive

EU Harmonized Stds:	Description
EN ISO 12100	Safety of Machinery – General Principles for Design – Risk Assessment and Reduction
EN 1525	Safety of industrial trucks. Driverless trucks and their systems
EN ISO 13849-1	Safety of Machinery – Safety Related Parts of Control Systems SRP/CS – Part 1
EN 60204-1	Safety of Machinery – Electrical equipment of machines-Part 1 General Requirements
EN 61000-6-4	EMC – Part 6-4: Emissions Standard for Industrial Environments
EN 61000-6-2	EMC – Part 6-2: Immunity Emissions Standard for Industrial Environments
IEC 61340-5-1	ESD – Part 5-1: Protection of Electronic Devices from Electrostatic Phenomena

The Operator panel E-stop, external (user) E-Stop, and bumper circuits are all dual channel and classified as category 3, PL-d per EN ISO 13849-1. The personnel detection circuit (operational at speeds above 300 mm/s) is classified as category 3, PL-d per EN ISO 13849-1.

The optional ESD skins are compliant to IEC 61340-5-1 as static controlled surfaces with  $R_q < 1 \times 10^9 \Omega$ .

The relevant technical documentation has been compiled in accordance with Annex VII, Part B of the EC Machinery Directive 2006/42/EC. We undertake, in response to a reasoned request by the national authorities, to supply it in electronic form to the market surveillance authorities within a reasonable period.

The technical data files for these products have been compiled by Dr. Klaus Kluger, Omron Adept Technologies GmbH, Revierstrasse 5, 44379 Dortmund, Germany.

We also hereby declare that the partly completed machinery described above is intended to be incorporated into other machinery and must not be put into service until the final machinery into which it is to be incorporated has been declared in conformity with the provisions of EC Machinery Directive 2006/42/EC, where appropriate.

Place: San Ramon, California, USA

Date: February 24, 2017

Signature:

Full Name: Deron Jackson

Position: Chief Technical Officer



## Comment appréhender la partie réglementaire

Environnement réglementaire et normatif de l'ensemble AIV +TOP

Comparaison d'un robot fixe et d'une plateforme mobile

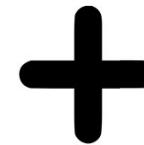
Quasi machine 1



Quasi machine 2



Quasi machine 1



Quasi machine 2

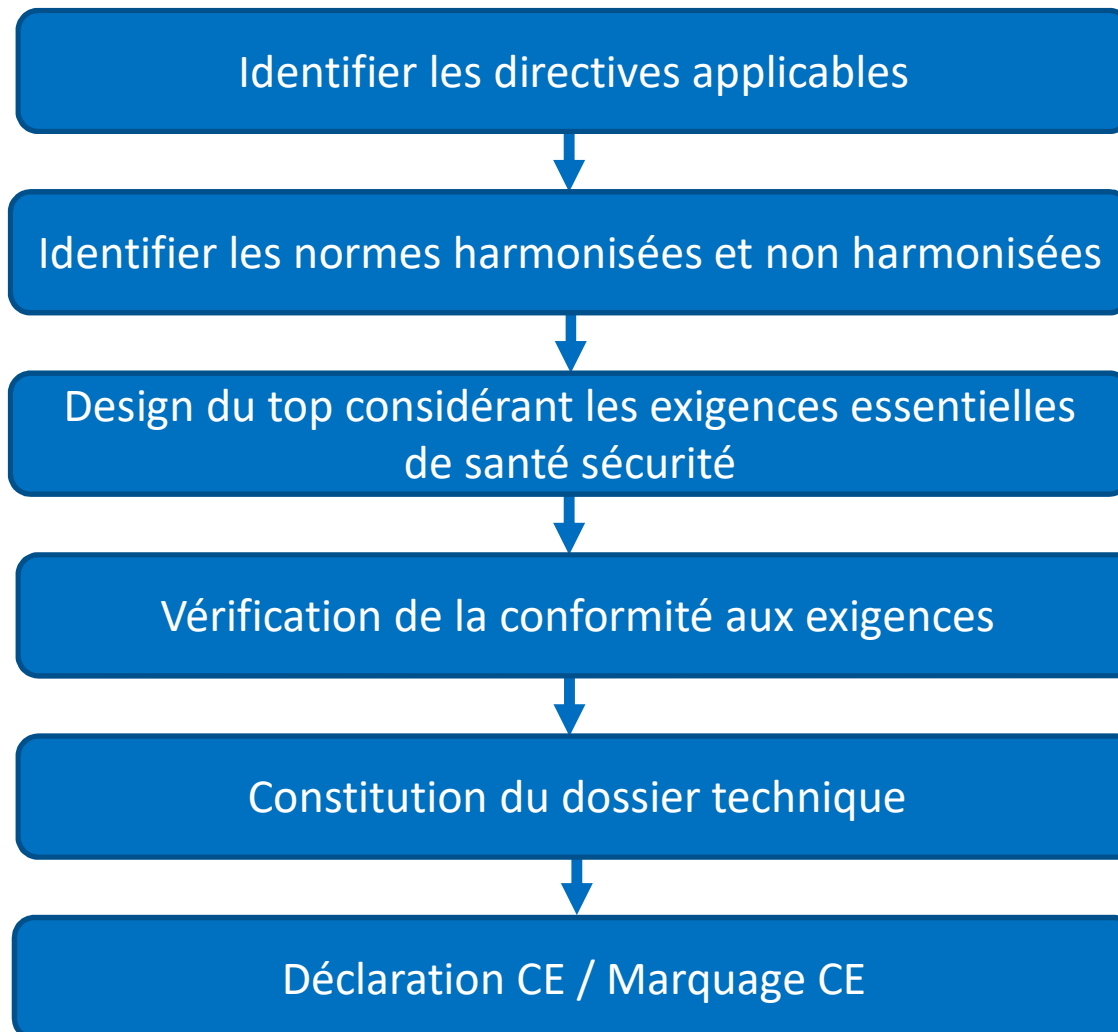


Constitution d'une machine => respect de la directive machine 2006/42/CE

**IMPORTANT**

# Comment appréhender la partie réglementaire

Démarche de certification CE de l'ensemble AIV +TOP



## Comment appréhender la partie réglementaire

Démarche de certification CE de l'ensemble AIV +TOP

Les formalités préalables à la **mise sur le marché**  
(Article 5 de la directive) :

Le fabricant doit mettre en place :

- Evaluation des risques
- Dossier technique
- Notice utilisateur
- Déclaration CE de conformité
- Marquage CE



# Comment appréhender la partie réglementaire

Environnement réglementaire et normatif de l'ensemble AIV +TOP

- Exemples de normes harmonisées et non harmonisées :
  - EN ISO 12100 : Sécurité des machines - Principes généraux de conception - Appréciation du risque et réduction du risque
  - EN ISO 13849 : Sécurité des machines -- Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité
  - EN 1525 : Sécurité des chariots de manutention - Chariots sans conducteur et leurs systèmes
  - EN 60204 : Sécurité des machines - Équipement électrique des machines

# Comment appréhender la partie réglementaire

## Rôles et responsabilités des acteurs projet



### Fabricant plateforme mobile :

Le fabricant certifie conformément à la directive machine la plateforme au regard des risques identifiés et préconise son intégration.

### Déclaration d'incorporation



### Intégrateur du top sur la plateforme :

L'intégration d'un top induit la création de nouveaux risques qui doivent être pris en compte, et implémentés dans l'analyse de risques.

### Déclaration de conformité



### Intégrateur ou l'utilisateur final :

L'intégrateur ou l'utilisateur final certifie l'ensemble plateforme + top considérant le risque lié à l'application conformément à la directive machine.

A large blue rectangular box with a 3D effect on the left side, serving as a background for the text.

Fonctions instrumentées de sécurité liées à la  
plateforme

## Fonctions instrumentées de sécurité liées à la plateforme

Surveillance de vitesse et du sens de marche

**Niveau de performance requis PLr : PLd**

Niveau de performance atteint Ple Catégorie 3, PFHd =  $3.3 \text{ E-}8$



## Fonctions instrumentées de sécurité liées à la plateforme

### Système de freinage / relâchement des freins

#### Préconisation de la norme EN 1525 :

Le véhicule doit être équipé d'un frein mécanique

- Fonctionnement à manque de courant
- Doit arrêter le véhicule conformément à la distance de détection des personnes prenant en compte la charge, la vitesse, l'adhérence, et tout autres paramètres impactant.



Attention aux contraintes liées à l'utilisation de freins à manque de courant

Positionnement du bouton de relâchement des freins



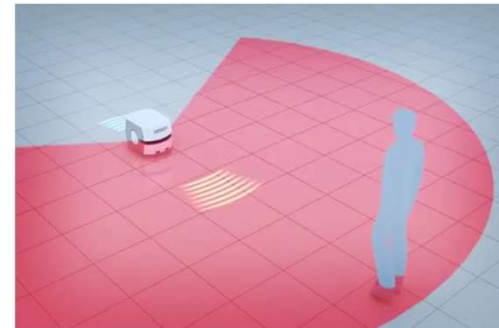
# Fonctions instrumentées de sécurité liés à la plateforme

## Détection de personnes

### Préconisation de la norme EN 1525 :

Le véhicule doit être équipé de capteurs permettant la détection de personnes sur le trajet du véhicule

- Opérationnelle sur l'ensemble des directions
- Devant générer un arrêt via le système de freinage avant contact avec la personne

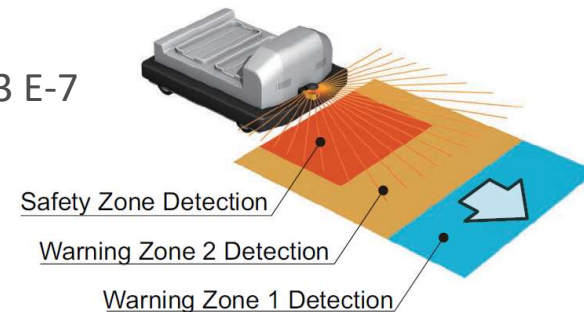


### Niveau de performance requis PLr : PLd

Niveau de performance atteint Pld Catégorie 3, PFHd =  $6.3 \text{ E-7}$



Hauteur de détection 200 mm  
Détection d'une personne allongée



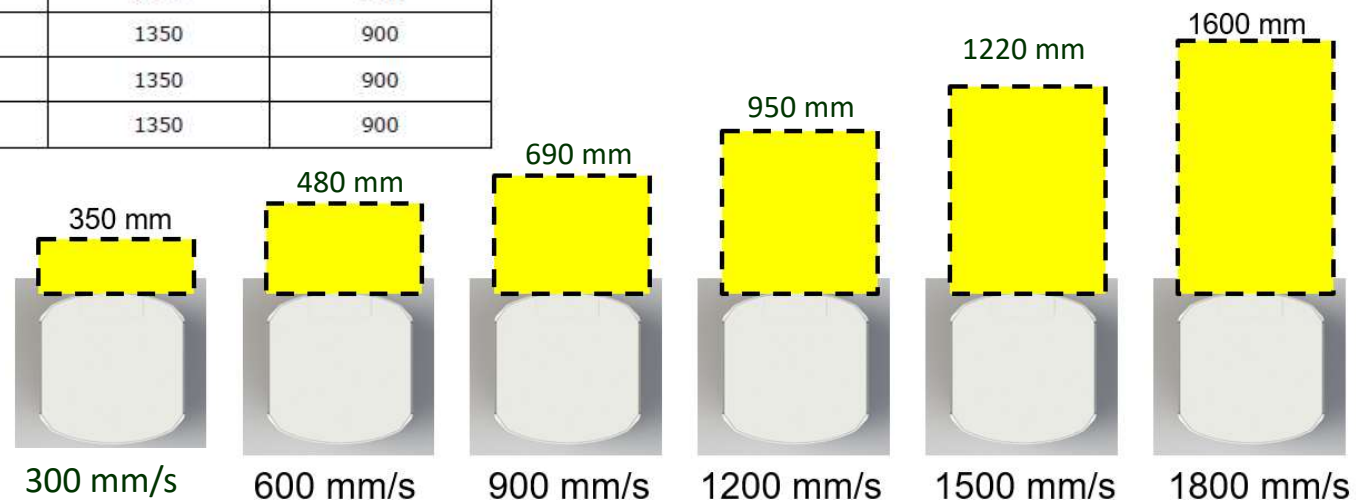
# Fonctions instrumentées de sécurité liés à la plateforme

## Détection de personnes

### Configuration initiale de la plateforme :

Distances de sécurité pré-chargées dans la plateforme mobile

Zone	Vitesse maximale (mm/s)		
	LD-60	LD-90 LD-105CT	LD-130CT
0	300	225	150
1	600	450	300
2	900	675	450
3	1200	900	600
4	1500	1125	750
5	1800	1350	900
6	1800	1350	900
7	1800	1350	900

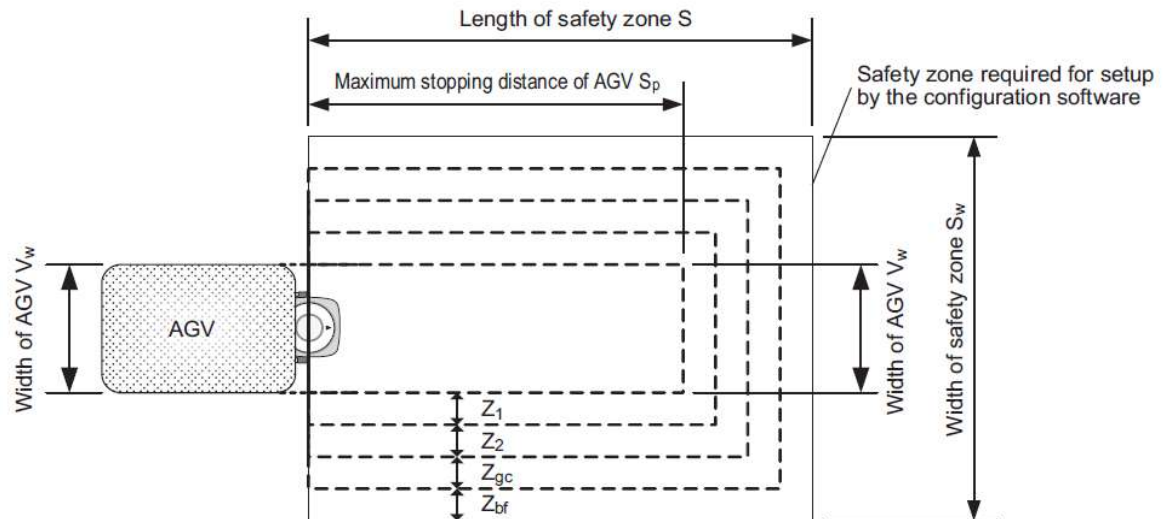


# Fonctions instrumentées de sécurité liés à la plateforme

## Détection de personnes

### Respect des distances de sécurité:

Calcul de la distance de sécurité conformément de la norme IEC 61496-3 Sécurité des machines – Equipements de protection électrosensibles.



$$S_P = (V_{max} \times T) + S_{brake}$$

$$Z = Z_1 + Z_2 + Z_{gc} + Z_{bf}$$

$V_{max}$  = Maximum speed of AGV in mm/s

$T$  = Response time consisting of sum of  $t_1$ ,  $t_2$  and  $t_3$ :

$t_1$  = Response time of OS32C

$t_2$  = Response time of AGV

$t_3$  = additional time delay for use when multiple zones are used ( $t_3 = 10$  ms.)

$S_{brake}$  = Braking distance of AGV in mm based on manufacturer's document

$Z_1$  = OS32C's measurement error (100 mm at range of 3 m or less and 110 mm at range of greater than 3 m)

$Z_2$  = Additional error by reflective background ( Additional Error due to Reflective Background p.139 )

$Z_{gc}$  = Safety factor for lack of clearance between under surface of AGV and ground ( Fig. 4-16).

$Z_{bf}$  = Safe factor for reduction of brake force of the AGV through wear and usage.

# Fonctions instrumentées de sécurité liés à la plateforme

## Détection de personnes

### Respect des distances de sécurité:

La prise en compte du volume embarqué implique une modification des distances de sécurité.



Distance de sécurité réelle



Distance de sécurité initiale



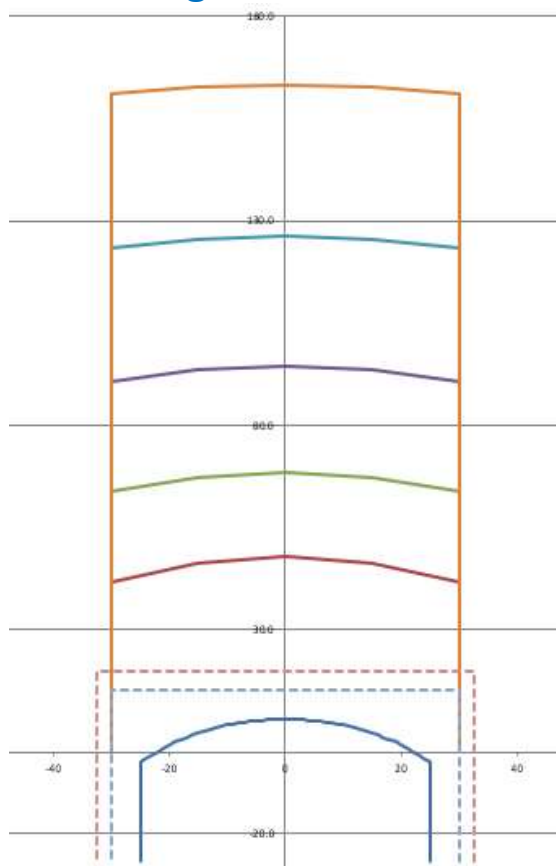
# Fonctions instrumentées de sécurité liés à la plateforme

## Détection de personnes

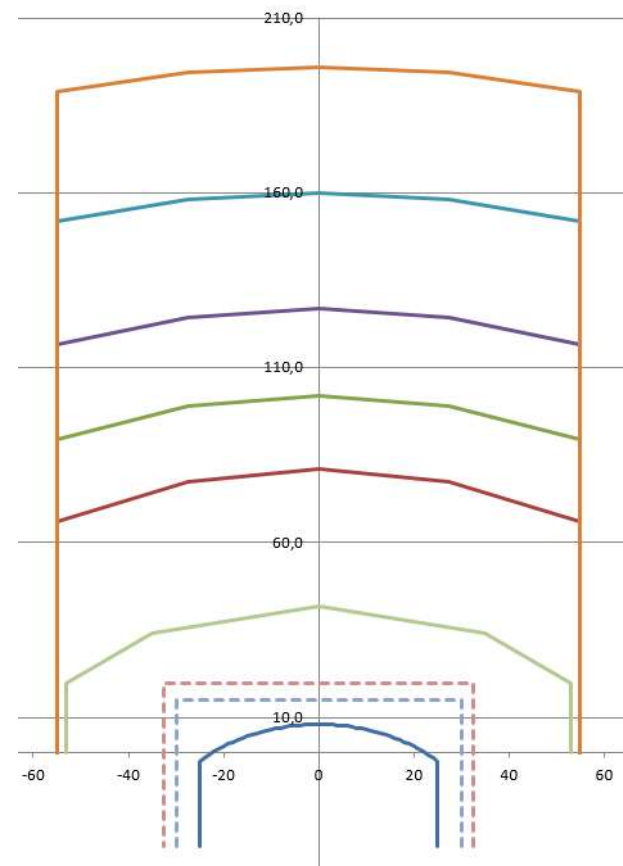
### Respect des distances de sécurité:

La prise en compte du volume embarqué implique une modification des distances de sécurité.

### Configuration initiale



### Prise en compte de l'intégration



## Fonctions instrumentées de sécurité liés à la plateforme

### Détection de personnes au travers d'un bumper

#### Préconisation de la norme EN 1525 :

Lors d'une phase d'approche il est possible d'inhiber le scrutateur sous certaines conditions :

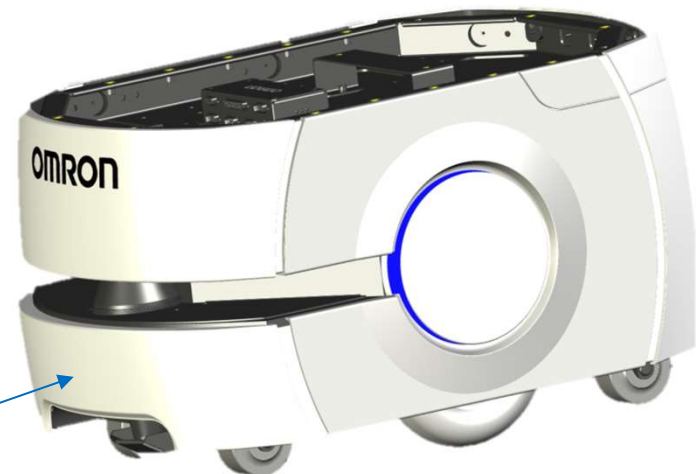
- Limitation sûre de la vitesse à 0.3m/s
- mise en place d'un moyen permettant l'arrêt avec une distance maximum de 600 mm

Pour une vitesse inférieure à  $< 0.25 \text{ m/s}$

Détection d'une personne via le bumper avant :

- Effort de d'écrasement 65N
- Course du bumper 40 mm

Détection d'écrasement  
entraînant l'arrêt



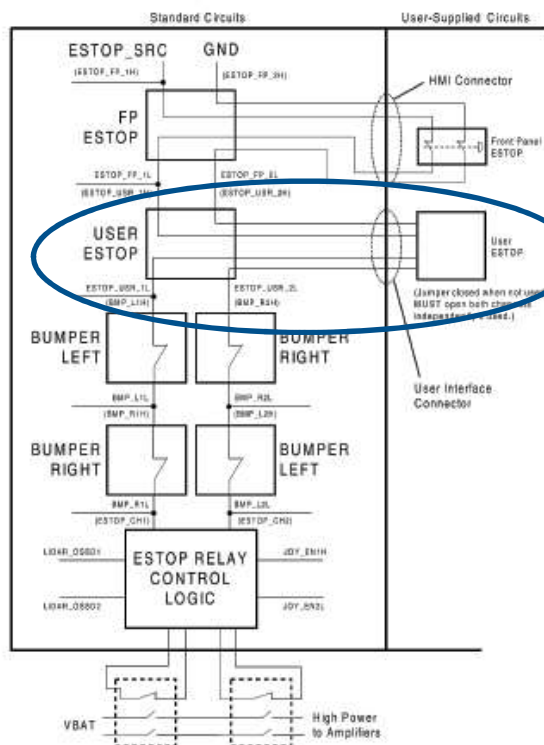
# Fonctions instrumentées de sécurité liés à la plateforme

## Arrêt d'urgence

### Préconisation de la norme EN 1525 :

La fonction d'arrêt d'urgence doit être de catégorie 0 conformément à la norme 13850.

Les arrêts d'urgences doivent être visible et accessible facilement.



Niveau de performance requis PLr : PLd

Niveau de performance atteint Ple Catégorie 3, PFHd = 3.33 E-8

Connexion de la ligne d'arrêt d'urgence

Illustration 6-7. Diagramme de la chaîne d'arrêt d'urgence

## Fonctions instrumentées de sécurité liés à la plateforme

### Mode d'utilisation manuel

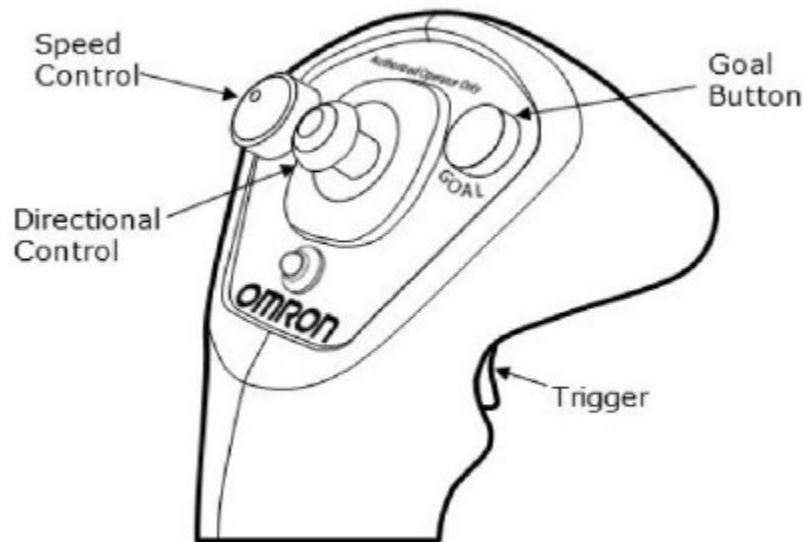
#### Préconisation de la norme EN 1525 :

Des contrôles doivent être prévus permettant l'arrêt en cas d'urgence lors des opérations de maintenance et autres tâches temporaires spécifiées

Les moyens de contrôle doivent être connectés

Les moyens de détection peuvent être inhibés

### Utilisation d'un joystick câblé équipé d'une poignée d'assentiment



**Niveau de performance requis PLr : PLb**

Niveau de performance atteint Ple

Catégorie 3, PFHd = 4.6 E-8



# Fonctions instrumentées de sécurité liés à la plateforme

## Phase de rechargement

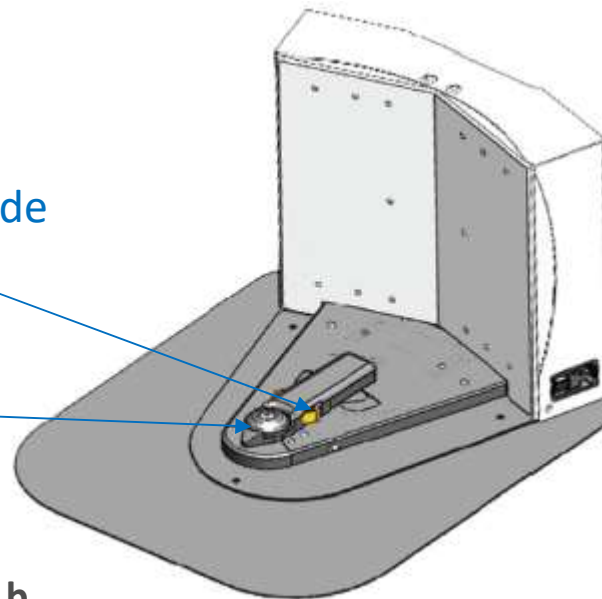
### Préconisation de la norme EN 1525 :

Les personnes doivent être protégées contre le risque de contact accidentel avec la borne de charge

Le chargement automatique doit être conçu pour être actif uniquement en présence du véhicule

Contacts pour le chargement de la plateforme

Capteur sans contact de détection de présence



**Niveau de performance requis PLr : PLb**

Niveau de performance atteint Plc

Catégorie 1, PFHd = 1.1 E-6

A large blue rectangular box with a thin black border occupies the left and center portions of the slide. It has a slight 3D effect on its left side, with a darker blue vertical bar and a perspective line. The text "Risques liés à l'intégration" is centered within this box.

## Risques liés à l'intégration

## Risques liés à l'intégration

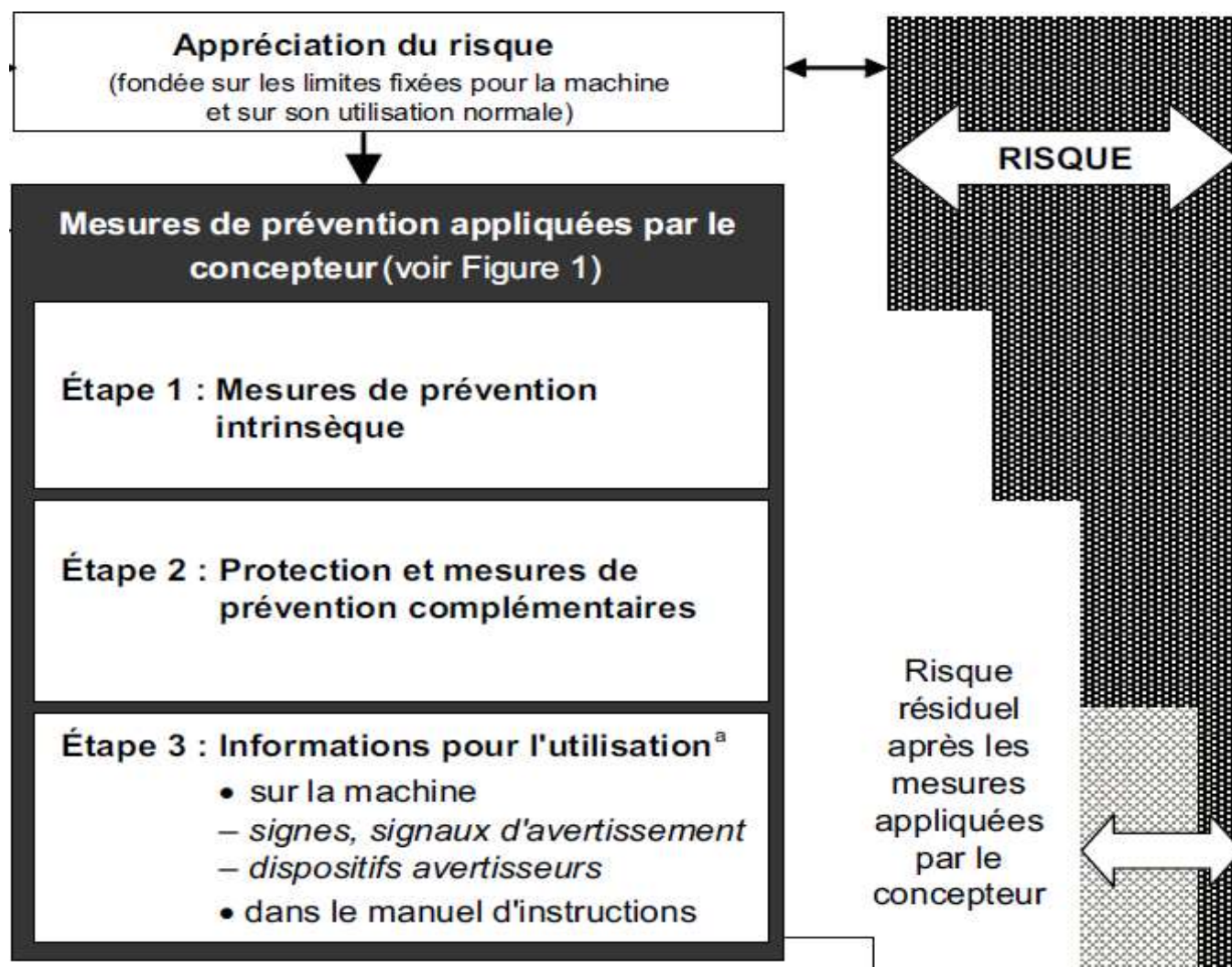
Prise en compte de l'intégration dans l'analyse des risques

La norme ISO 12100:2010 : *Appréciation du risque et réduction du risque*

- *Définitions des caractéristiques de la machine*
- *Définitions des scénarios dangereux*
- *Mesures de réduction intrinsèque du risque*
- *Réduction du risque par des moyens de protection*
- *Réduction par mesures organisationnelles*

# Risques liés à l'intégration

Prise en compte de l'intégration dans l'analyse des risques



# Risques liés à l'intégration

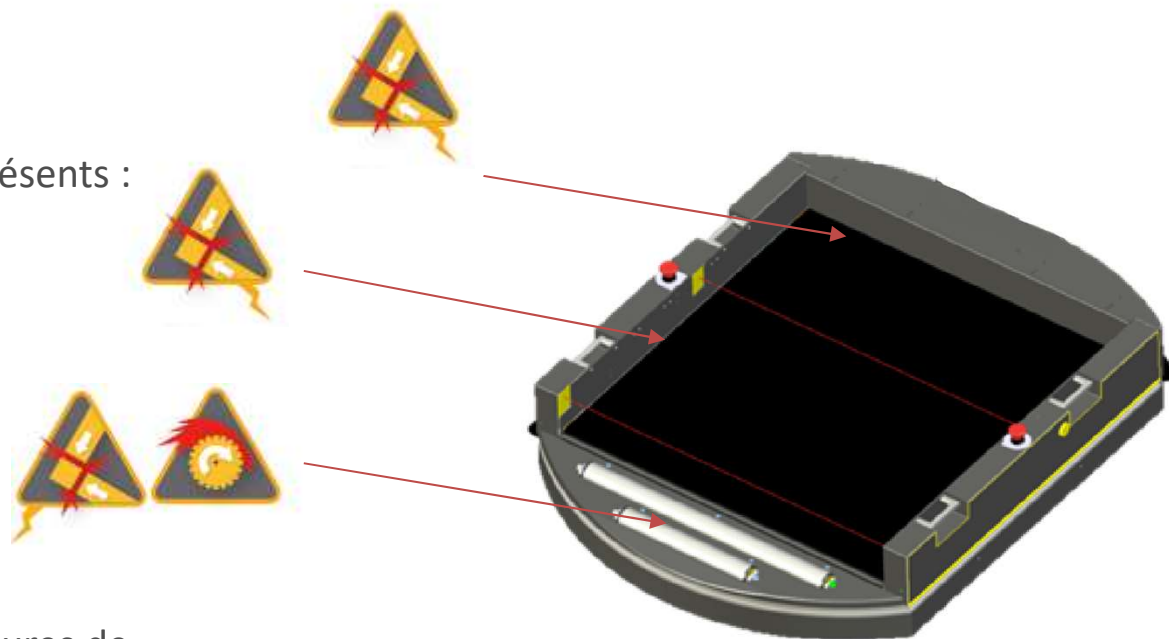
Prise en compte de l'intégration dans l'analyse des risques

Traitement des risques d'écrasement liés à la fonctionnalité du top

Analyse des risques présents :  
risques de happement  
Risques d'écrasement  
Risques de choc , ...



Mise en place des mesures de  
préventions ou de protections  
complémentaires ou organisationnelles



Partie du corps	Illustration	Ouverture e (mm)	Distance		
			Fente		
Extrémité du doigt		$e \leq 4$	$\geq 2$		
		$4 < e \leq 6$	$\geq 10$	$\geq 5$	$\geq 5$
		$6 < e \leq 8$	$\geq 15$	$\geq 5$	

## Risques liés à l'intégration

Prise en compte de l'intégration dans l'analyse des risques

**Traitement des risques liés au déchargement intempestif**

**Faut il des fonctions de sécurité liées :**

Au risque de chute de la charge en fonctionnement (freinage, décélération, ...)

Au risque de déchargement intempestif de la charge

Au risque de déchargement au mauvais endroit



Analyse du risque par scénario  
Prise en compte lors de la conception  
Mise en place de fonctions instrumentées de sécurité



# Risques liés à l'intégration

Prise en compte de l'intégration dans l'analyse des risques

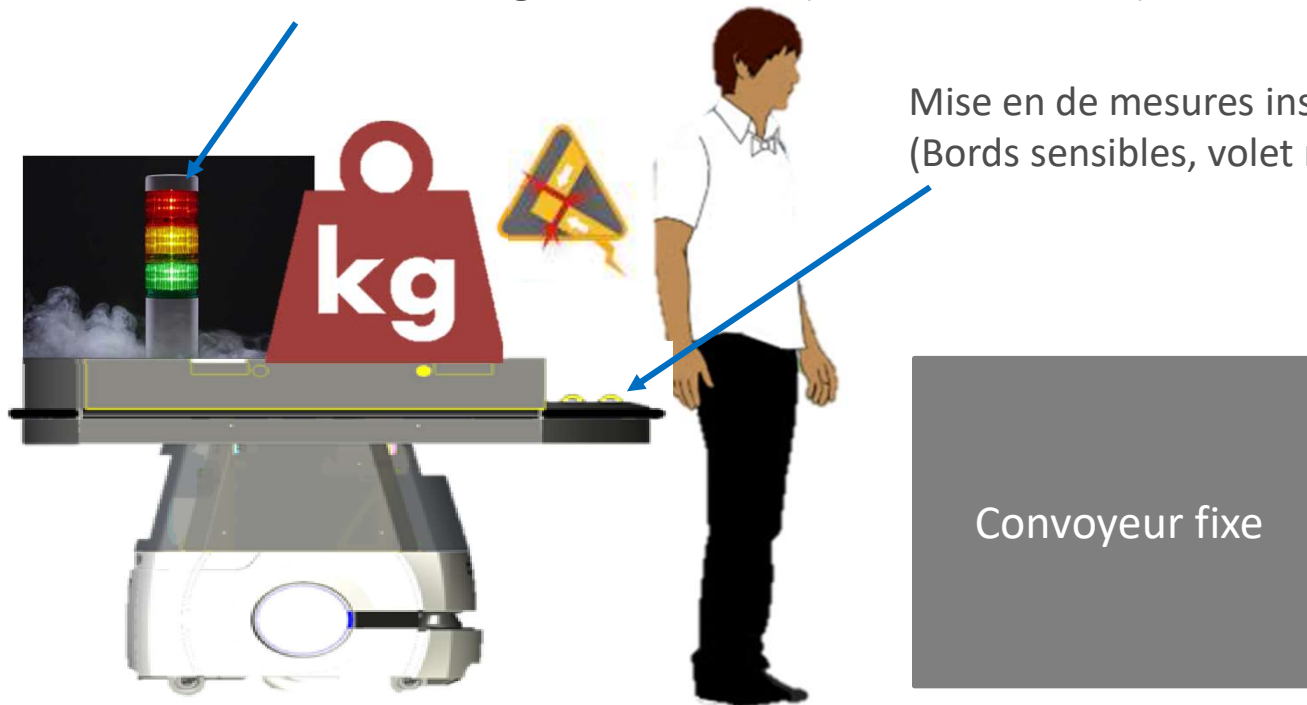
**Analyse des risques liées au interfaces Véhicule / Convoyeur fixe**

Scénario d'approche à faible vitesse ( $< 250 \text{ mm/s}$ )

Scrutateur désactiver

Mise en de mesures organisationnelles (Lumineux / sonore) ?

Mise en de mesures instrumentées  
(Bords sensibles, volet rétractable) ?





# Risques liés à l'intégration

Prise en compte de l'intégration dans l'analyse des risques

Positionnement des arrêts d'urgence permettant un accès rapide

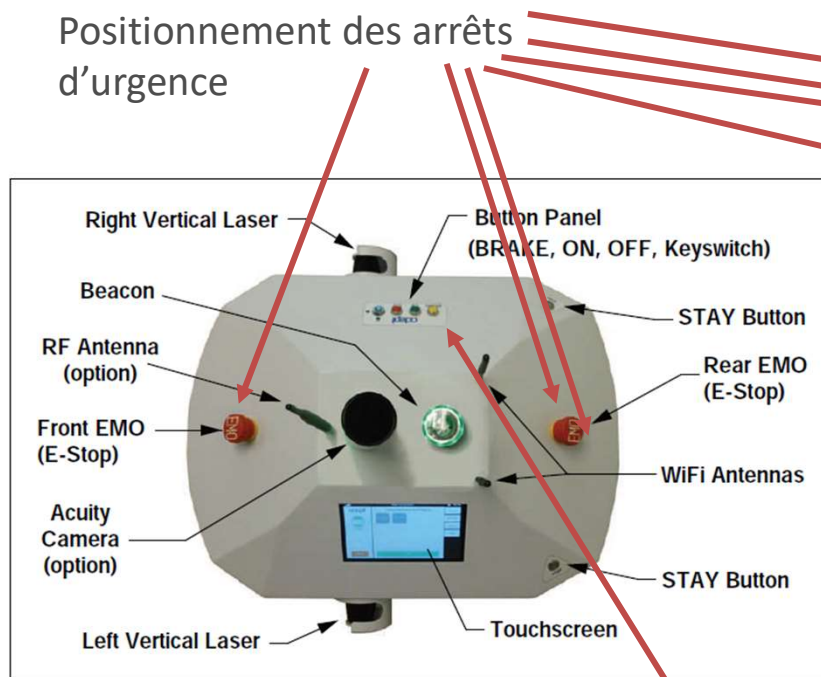


Figure 5-3. Courier AIV Dome



Positionnement du/des boutons de relâchement des freins permettant le dégagement



# Risques liés à l'intégration

Prise en compte de l'intégration dans l'analyse des risques

## Les risques de retournement en navigation

Spécification suivant le centre de gravité et de la masse embarquée

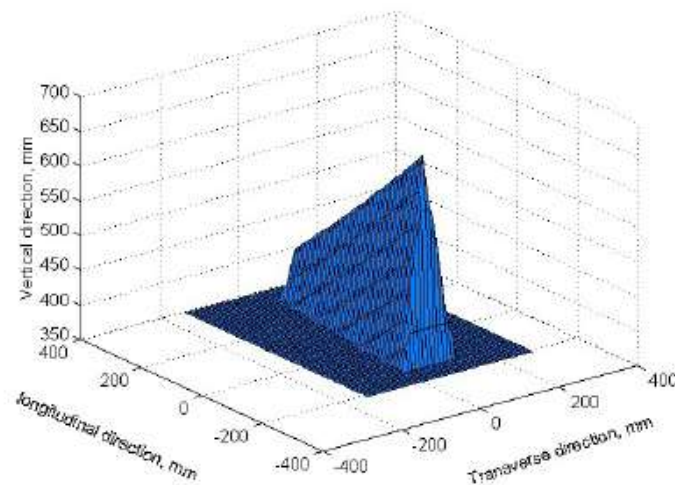
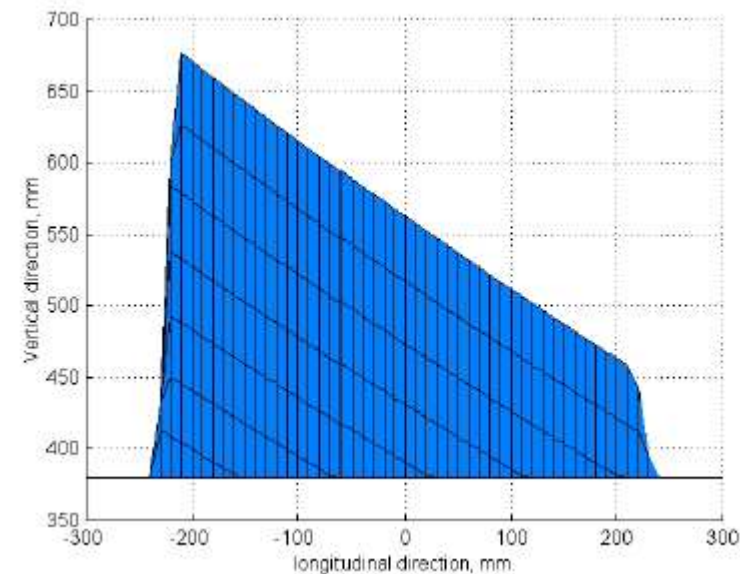


Illustration 5-8. Vue isométrique, 90 kg



Exemple donné pour des vitesses et accélérations maximum

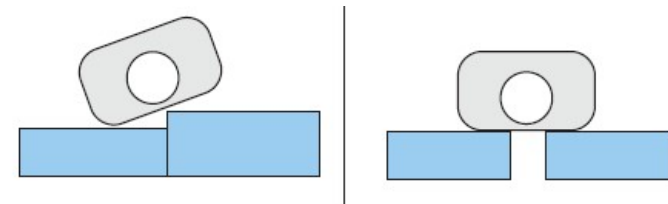
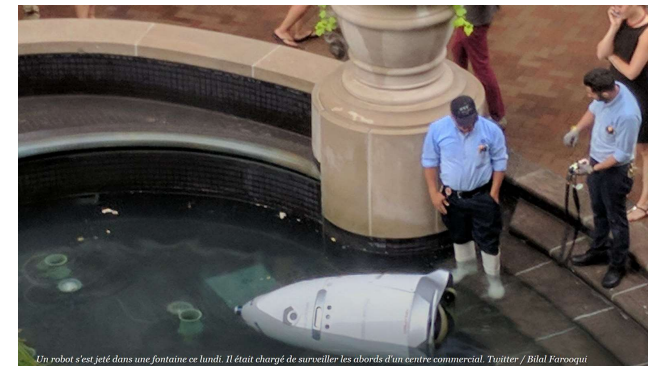
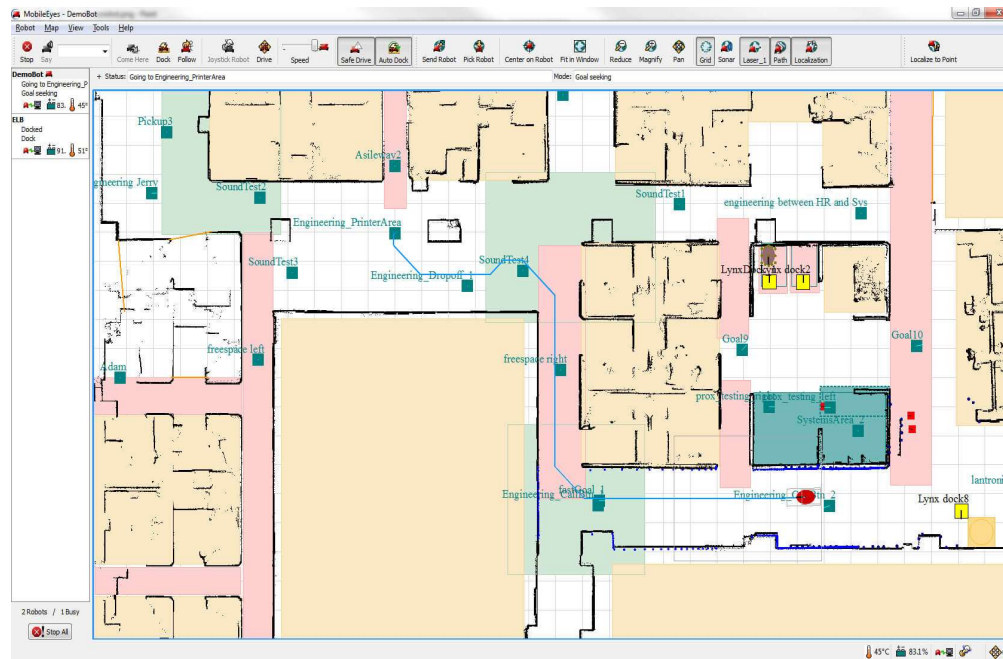
A large blue rectangular box with a 3D effect on the left side, serving as a background for the title text.

Risques liés à l'environnement

# Risques liés à l'environnement

Prise en compte de l'environnement d'application dans l'analyse de risques

Être vigilant sur l'ensemble de l'environnement accessible par la plateforme mobile.



Respect des exigences de spécification:

- Etat du sol
- Présence de trous
- Présence de marche

# Risques liés à l'environnement

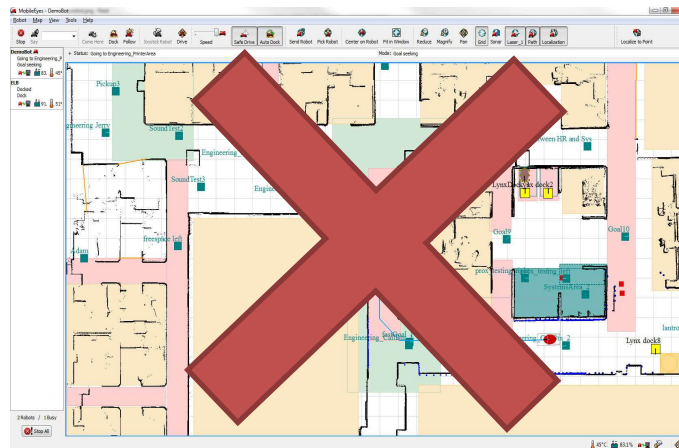
Prise en compte de l'environnement d'application dans l'analyse de risques

Présence de zone ATEX

Utilisation interdite en zone ATEX



Limitation du déplacement par le logiciel insuffisante



Prévention d'accès à la zone par la mise en place de mesures liées au génie civil

Conclusion

## Conclusion

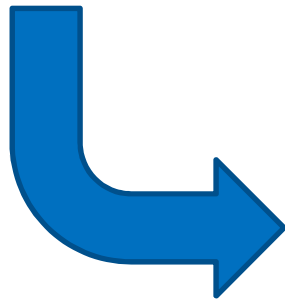




## Conclusion



**Prise en compte de la sécurité dès les premières phases d'un projet**



**Impacts sur la  
conception et la  
faisabilité**

Merci de votre attention

Questions ?

