



OPPBTP

Project to eliminate collisions between machinery and pedestrians

STOPCOLLISION

Presentation of March 25, 2024

[expleo]



Summary

1. Summary
2. State of Art
3. System Specification Folder
4. System Architecture Folder
5. Development cost
6. Validation strategy
7. Time for exchange

(expleo)

Key Points:



Comparison of detection technologies



Summary of applicable standards



Readiness



To share

This document shows that technologies to limit the risk of collisions exist and that ADAS can be developed on construction machinery, as it has been in the automotive industry.

2. The State of Art (SoA)

To remember:

The two most promising technologies would be LIDAR and Camera:

Compatibility with the conditions of use

VS

Pedestrian detection performance

The levels of technology are sufficiently mature;
They are already used on the market in other industrial sectors.
TRL (Technical Readiness Level)

Critère	LiDAR	Radar	Camera	Ultrason	Laser
Coût	Orange	Yellow	Green	Green	Green
Taille	Orange	Green	Yellow	Green	Green
Vitesse de détection	Yellow	Green	Orange	Orange	Yellow
Sensibilité aux couleurs	Green	Green	Orange	Green	Green
Robustesse aux intempéries	Yellow	Green	Orange	Green	Green
Résolution	Green	Yellow	Green	Orange	Yellow
Portée	Green	Green	Green	Orange	Yellow
Vision de nuit	Green	Green	Orange	Green	Green

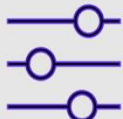
Key points:



Mission and sub-missions of the system



Stakeholders



Definition of the three levels of range



Use cases



System requirements



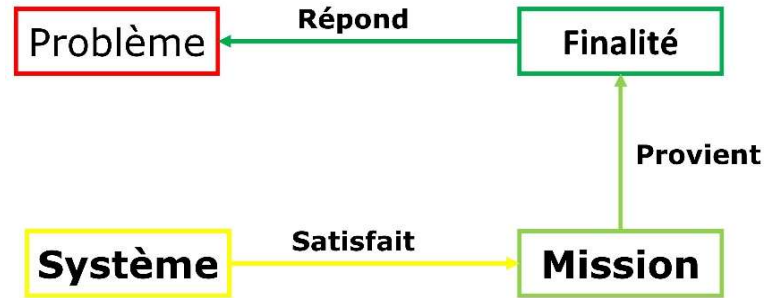
3. The System Specification Folder (DSS): Mission and sub-mission of the system

Purpose

Eliminate the risk of collisions with pedestrian and guarantee the safety of men and women who circulate and work on foot near mobile machinery on construction sites.

Mission

Prevent collisions and detect pedestrians who are moving in an area around the machine.



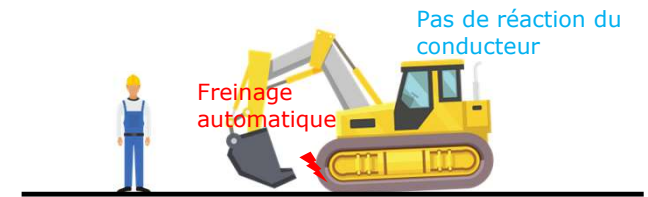
Sub-mission 1:

Detect pedestrians moving in an area around the vehicle.



Sub-mission 2:

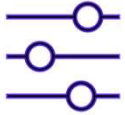
Warn the driver and pedestrians when there is a risk of collision.



Sub-mission 3:

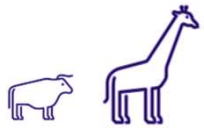
Act on the machine in the event of an imminent risk of collision between the machine and pedestrians (static and/or mobile)

[expleo]



3. The System Specification Folder (DSS): Definition of range levels

Four criteria for classifying a family of vehicles in a range level



- **Size:** *the larger the machine, the more sensors are needed*



- **Speed:** *the greater it is, the farther you must anticipate and perceive*

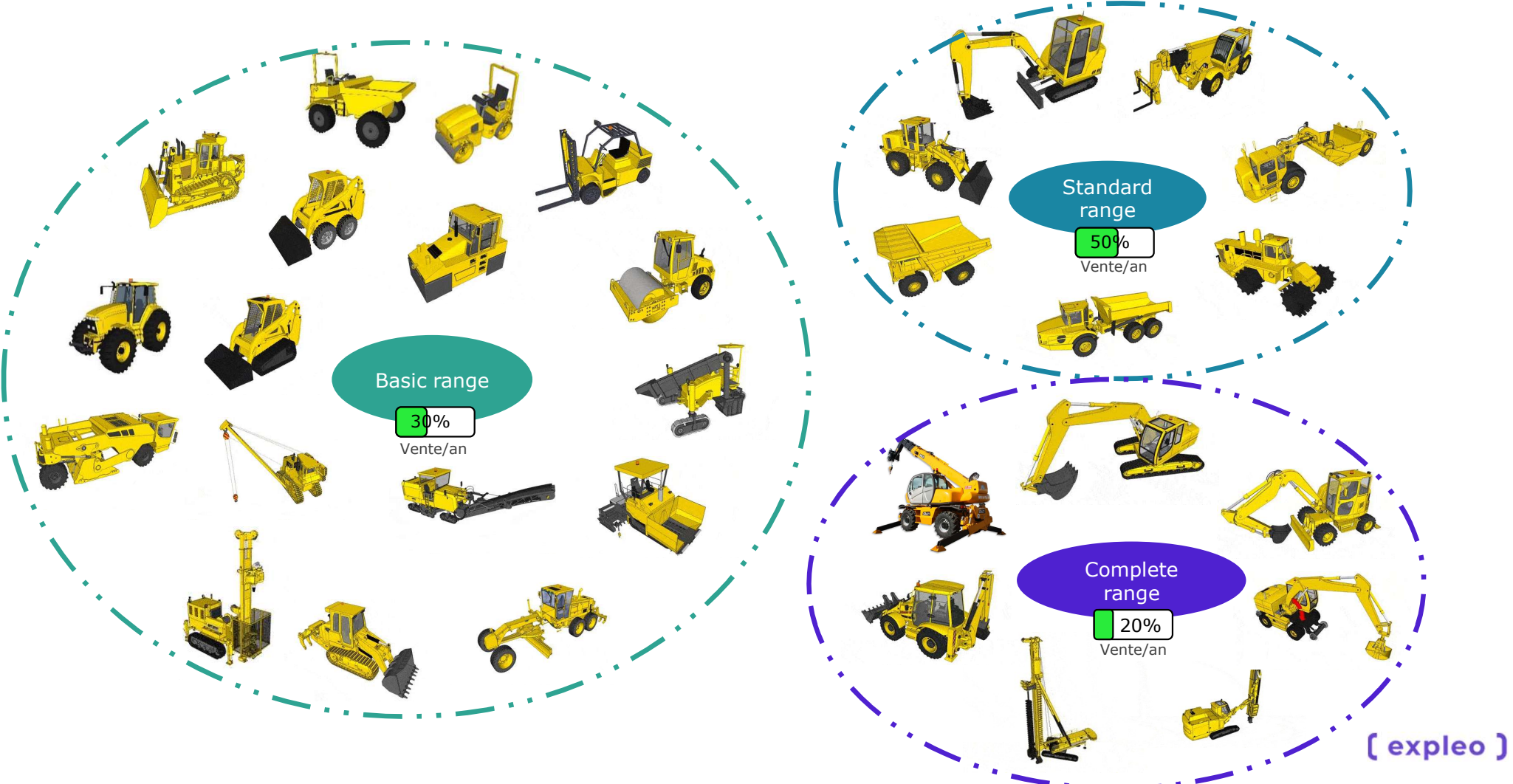


- **Turret:** *Adds moves to stop*



- **Attachment :** *Adds moves to stop*

3. The System Specification Folder (DSS): Classification results



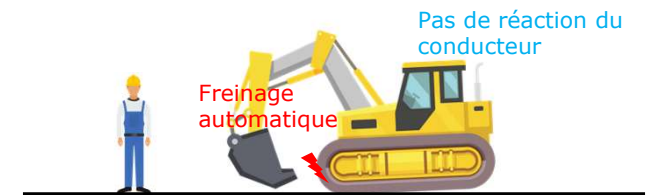
3. The System Specification Folder (DSS): Differences in performance of range levels



Sub-mission 1

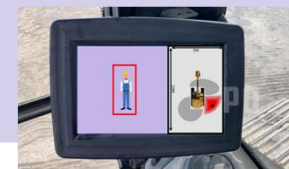
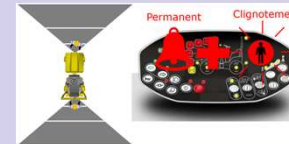


Sub-mission 2



Sub-mission 3

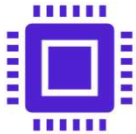
Range	Détection	Alerte	Action
Basic	Front and rear	Sonorous + visual signage (chauffeur)	Yes
Standard	Front, rear And blind spots	Sonorous + Simple display(chauffeur)	Yes
Complete	360°	Sonorous + Anticipatory display + Pedestrian alert	Yes



4. The System Architecture Folder (DAS)

10

Key points:



Common functional architecture



Tandem compactor physical architecture



Telescopic forklift physical architecture



Mini-excavator physical architecture



Excavator physical Architecture

4. The System Architecture Folder (DAS)

○ Examples of content:

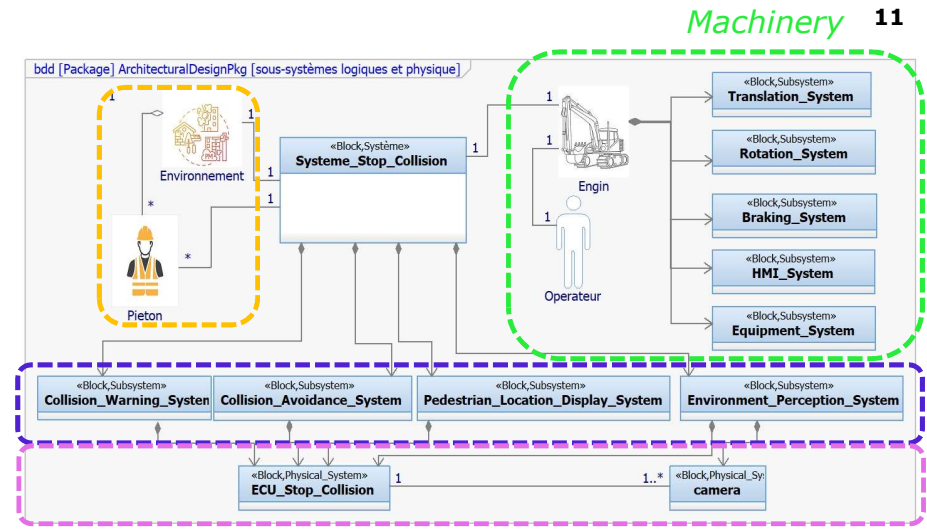
Some key figures:

- **146** System requirements
- **321** Functional requirements
- **101** Interface requirements
- **101** Diagrams *Model Based System Engineering (MBSE)*
- Full camera solution between **2** and **6** depending on the range
- **429** Document pages
(SOA V2.1: 169 pages; DSS V3.2: 75 pages; DAS V2.2: 149 pages; PVAL V1.1: 27 pages; ECO V4.2: 9 sheets)

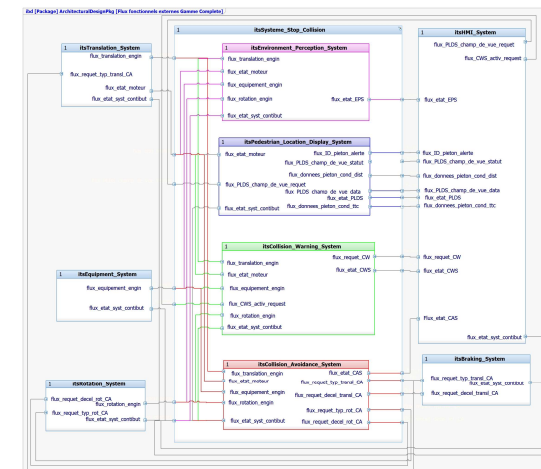
Environment

Logical subsystems

Components



(figure 114, extrait du DAS p139)



(figure 112, extrait du DAS p136)

[expleo]

4. The System Architecture Folder (DAS)

Proposal of solutions for each range:

Basic range	Standard range	Complete range
		

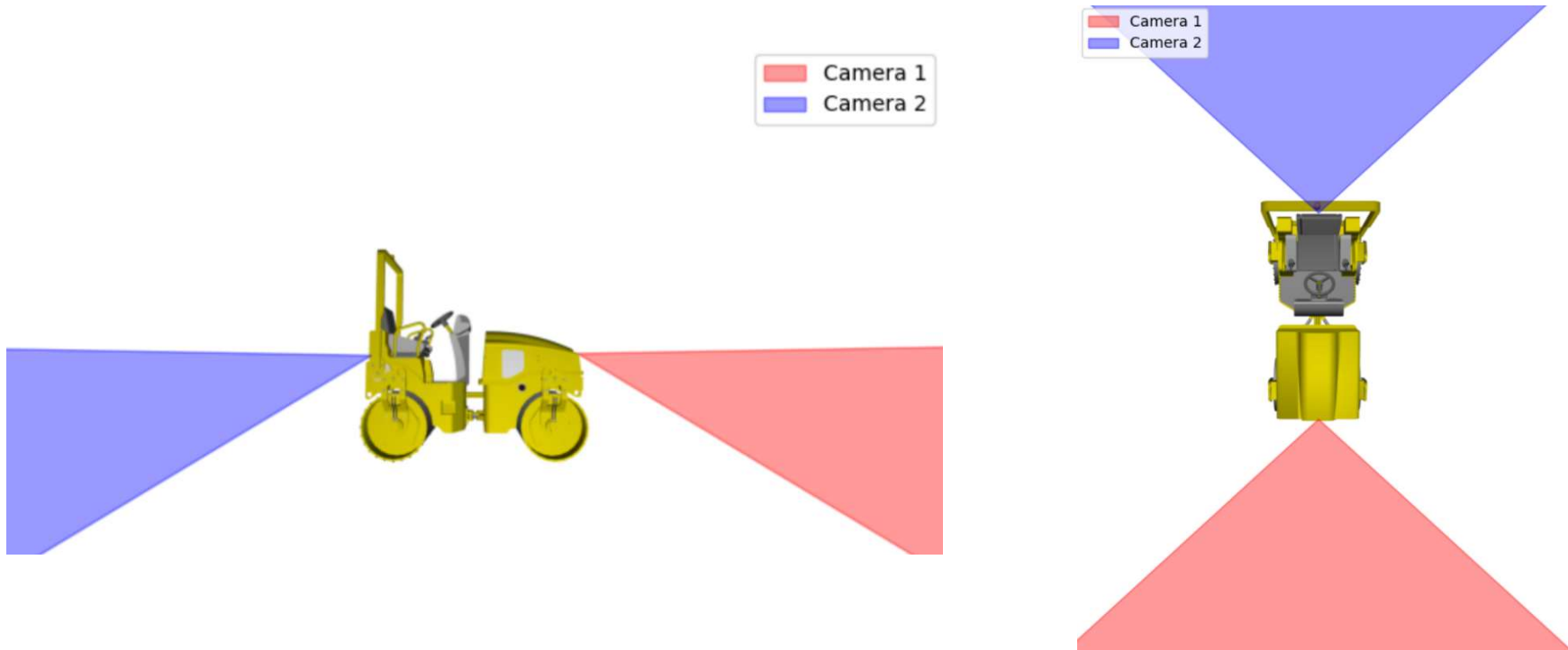
No LIDAR?

Although a 3D LIDAR is capable of building a 3D map of the environment, the point cloud created is much more cumbersome to process and therefore it would be more expensive in terms of composition and processing time to identify pedestrians. The camera solution with AI image analysis seems to be more suitable for a collision avoidance system.

(expleo)

4. The System Architecture Folder (DAS)

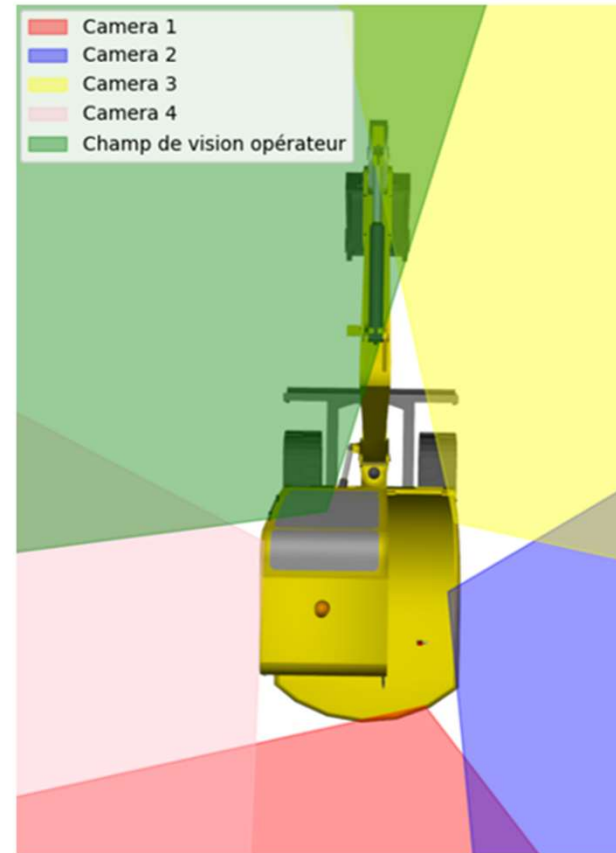
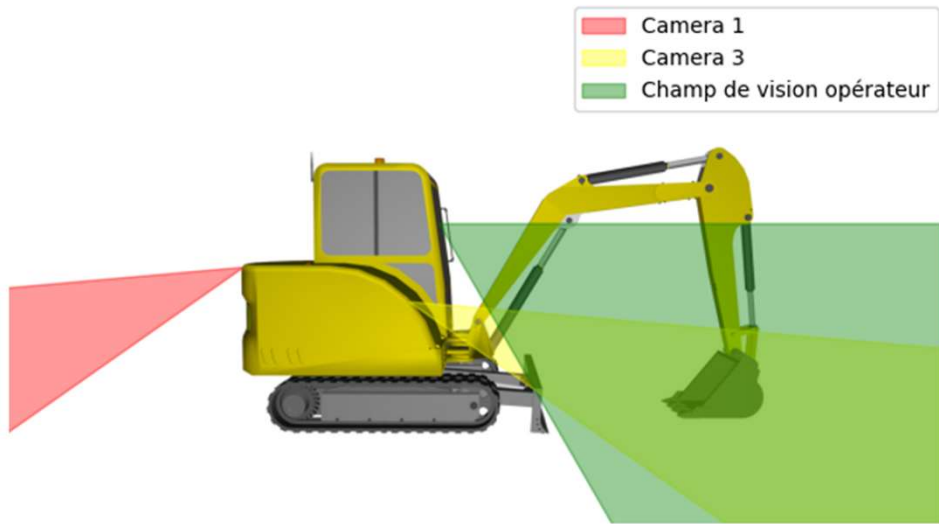
Possible physical architecture: 2 cameras for the tandem compactor (basic range)



[expleo]

4. The System Architecture Folder (DAS)

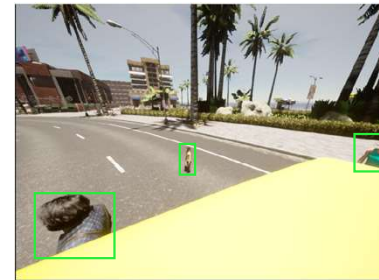
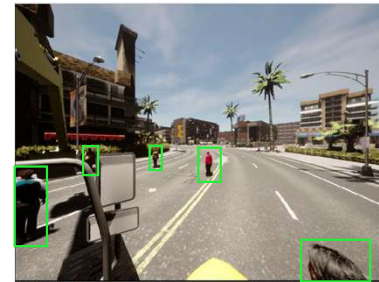
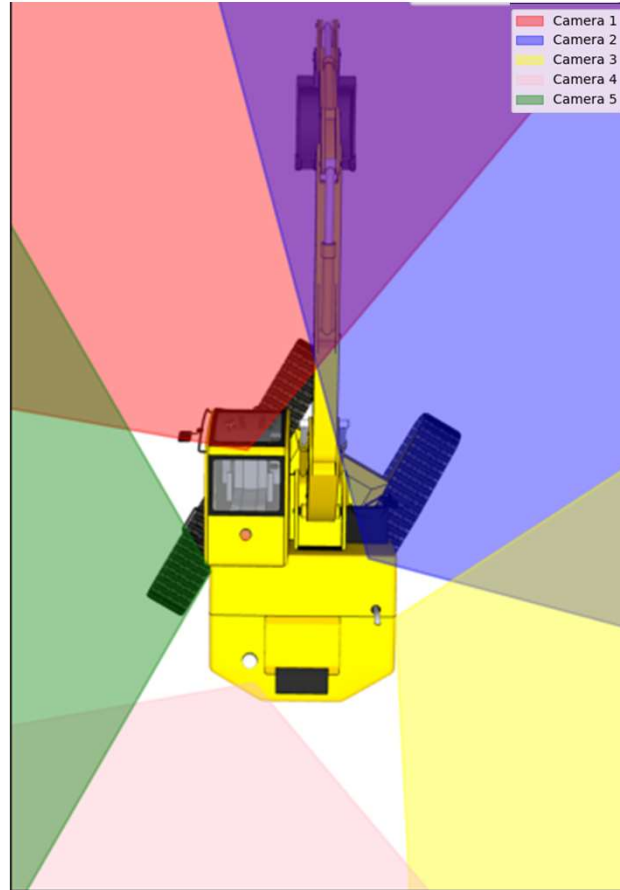
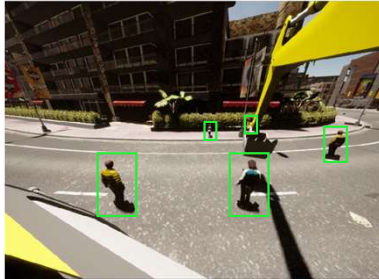
Physical architecture possible: 4 cameras for the mini excavator (standard range)



[expleo]

4. The System Architecture Folder (DAS)

Physical architecture possible: 5 cameras for the excavator (complete range)



[expleo]

5. An estimate of development costs

Phased approach

Development of the **basic range** alone, then **standard** alone and finally **complete**.

+ Investment spread over time

+ Market response

- Long deployment

phase	famille de cout	nom	réccurrence de coût	Gamme Basique	Gamme Standard	Gamme Complète
				ordre de grandeur du cout de la solution basique seule k€	ordre de grandeur du cout de la solution standard seule k€	ordre de grandeur du cout de la solution complète seule k€
amont	démonstrateur / faisabilité	Achat de l'engin de base	par niveau de gamme	- k€	- k€	- k€
		Pièces prototypes : capteur, câblage, supports spécifiques	par niveau de gamme	15,0 k€	20,0 k€	25,0 k€
		L'étude d'intégration physique	par niveau de gamme	15,0 k€	25,0 k€	35,0 k€
		L'étude d'intégration système	par niveau de gamme	- k€	- k€	270,0 k€
		Plan de test du proto	par niveau de gamme	10,0 k€	20,0 k€	60,0 k€
		Plan de com/démo	par niveau de gamme	88,0 k€	88,0 k€	88,0 k€
	Plateforme	Cout de la plateforme qui peut s'adapter au trois gammes	par niveau de gamme	840,0 k€	1 650,0 k€	1 920,0 k€
dev & indus	composants	capteurs - Coûts Pièce Série par nombre d'engin	par engin construit	4,0 k€	8,0 k€	10,0 k€
		calculateur - Cout Pièce Série par nombre d'engin	par engin construit	0,3 k€		
		moyens d'essais (modèle)	par famille d'engin	5,0 k€	5,0 k€	5,0 k€
		moyens d'essais (banc)	par famille d'engin	250,0 k€	350,0 k€	550,0 k€
dev & indus	système et Intégration	Etude Globale (Projet, Qualité, Fonctions Support, Pilotage FNR, ...)	par famille d'engin	320,0 k€	470,0 k€	470,0 k€
		Etudes Système/Archi, Implantation, Safety, ...				
		Etudes Fonctionnelles / Dysfonctionnelles / Safety				
		construction plan de validation				
		vérif composants (tests environnementaux, SW failure, HW failure)				
		tests d'intégration système (fonctionnel & dysfonctionnel, intersystem)				
validation système (opérationnelle, performance)						
		Instrumentation				
		moyens d'essais (engins)	par famille d'engin	30,0 k€	30,0 k€	250,0 k€
		Environnement d'essai (Piste, Mannequin, ...)	par niveau de gamme	34,0 k€	51,0 k€	59,0 k€
Somme				1 611,3 k€	2 717,0 k€	3 742,0 k€
				TOTAL		
				8 070,3 k€		

These values are an evaluation. They are in no way guaranteed and should not be used as such to launch any project.

5. Estimating development costs

Combined approach

Development of the **basic**, **standard** and **complete** ranges simultaneously

- Heavier investment at the beginning

+ development costs reduced by €1.8 million

+ Faster deployment

				Gamme Basique	Gamme Standard	Gamme Complète
phase	famille de cout	nom	réccurrence de coût	ordre de grandeur du cout des solutions basique, standard et complète combinées et appliquées sur trois familles d'engin correspond à chaque gamme. Les coûts MAIN et étude d'intégration système sont comptés une seule fois pour les trois niveaux; parce que combiné. k€		
amont	démonstrateur / faisabilité	Achat de l'engin de base	par niveau de gamme	- k€	- k€	- k€
		Pièces prototypes : capteur, câblage, supports spécifiques	par niveau de gamme	15,0 k€	20,0 k€	25,0 k€
		L'étude d'intégration physique	par niveau de gamme	15,0 k€	25,0 k€	35,0 k€
		L'étude d'intégration système	par niveau de gamme	- k€	- k€	270,0 k€
		Plan de test du proto	par niveau de gamme	10,0 k€	20,0 k€	60,0 k€
		Plan de com/démo	par niveau de gamme	88,0 k€	88,0 k€	88,0 k€
Plateforme		Cout de la plateforme qui peut s'adapter aux trois gammes	commun aux trois niveaux de gamme	2 600,0 k€		
dev & indus	composants	capteurs - Cout Pièce Série par nombre d'engin	par engin construit	4,0 k€	8,0 k€	10,0 k€
		calculateur - Cout Pièce Série par nombre d'engin	par engin construit	0,3 k€		
		moyens d'essais (modèle)	par famille d'engin	5,0 k€	5,0 k€	5,0 k€
		moyens d'essais (banc)	par famille d'engin	250,0 k€	350,0 k€	550,0 k€
dev & indus	système et Intégration	Etude Globale (Projet, Qualité, Fonctions Support, Pilotage FNR, ...)	par famille d'engin	320,0 k€	470,0 k€	470,0 k€
		Etudes Système/Archi, Implantation, Safety, ...				
		Etudes Fonctionnelles / Dysfonctionnelles / Safety				
		construction plan de validation				
		vérif composants (tests environnementaux, SW failure, HW failure)				
tests d'intégration système (fonctionnel & dysfonctionnel, intersystem)						
		validation système (opérationnelle, performance)				
		Instrumentation				
		moyens d'essais (engins)	par famille d'engin	30,0 k€	30,0 k€	250,0 k€
		Environnement d'essai (Piste, Mannequin, ...)	par niveau de gamme	34,0 k€	51,0 k€	59,0 k€
Somme				6 260,3 k€		

These values are an evaluation. They are in no way guaranteed and should not be used as such to launch any project.

6. Validation strategy (PVAL)

Key points:



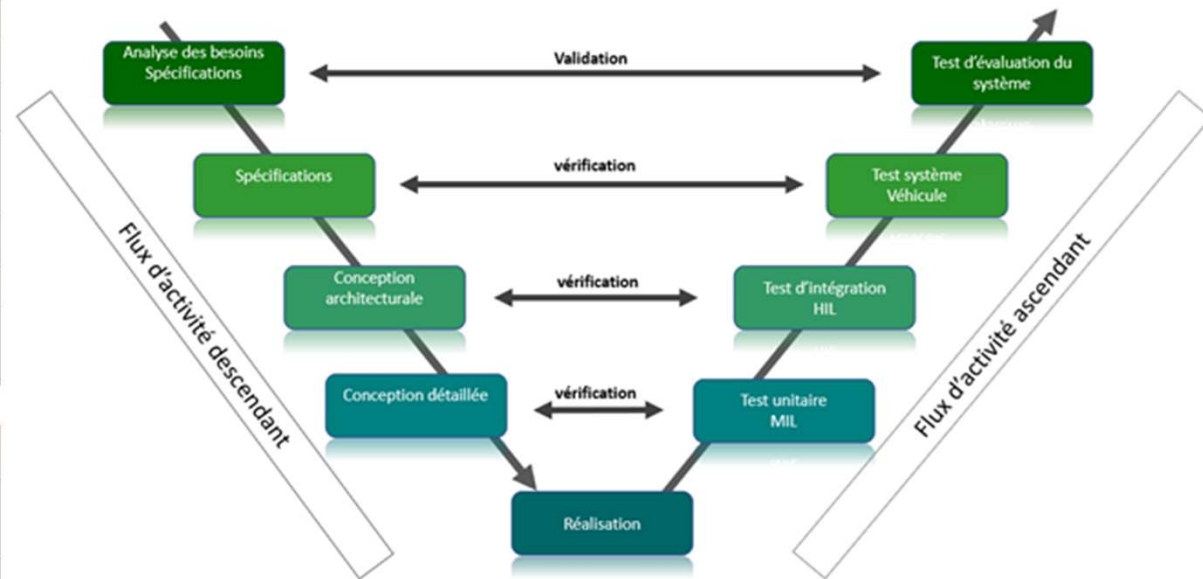
Framework for validating the system

Different strategy depending on "make" or "buy"

Make	Calculateur Stop Collision		Capteurs	
	Hardware	Software	Hardware	Software
Test Unitaire	NA	Model In the Loop (MIL)	NA	Model In the Loop (MIL)
Test Intégration (intra système)	NA	Model In the Loop (MIL)	NA	Model In the Loop (MIL)
Test Système	NA	Software In the Loop (SIL)	NA	Software In the Loop (SIL)
	Calculateur Stop Collision		Capteurs	
Test Intégration (Hardware/Software)	Hardware In the Loop (HIL)		Hardware In the Loop (HIL)	

	Système Stop collision (Calculateur Stop Collision+ Calculateur Stop Collision)
Test Intégration (inter systèmes)	Plateforme d'intégration électronique (PIE)
Test Validation	Véhicule
Qualification	Véhicule

Tableau 5 Objectifs et moyens de validation pour la stratégie Make



V-cycle of the ISO 15288 technical process applied to ADAS

7. Any questions?

19

State of Art (SoA)

System
Specification
Folder (DSS)

System
Architecture Folder
(DAS)



Development
costs

Validation strategy

(expleo)
Think bold, act reliable

expleogroup.com