



OPPBTP

Projet de suppression des heurts engins-piétons

STOPCOLLISION

présentation du 25 mars 2024

[expleo]



Sommaire

1. Sommaire
2. Etat de l'art
3. Dossier de spécification système
4. Dossier d'architecture système
5. Coût développement
6. Stratégie de validation
7. Temps d'échange

(expleo)

Points clés:



Comparaison des technologies de détection



Récapitulatif des normes applicables



Maturité



A partager

Ce document montre que les **technologies** pour limiter le risque de heurts **existent** et que **les ADAS peuvent être développés sur les engins de chantier**, comme ils l'ont été dans l'automobile.

2. L'état de l'art (SoA: State of Art)

A retenir:

Les deux technologies les plus prometteuses seraient
LIDAR et Camera:

compatibilité aux conditions d'utilisation

VS

performance de détection piéton

Les niveaux de technologies sont suffisamment matures;
 déjà utilisé sur le marché par d'autres secteurs industriels.

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

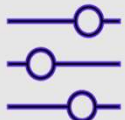
Points clés:



Mission et sous missions du système



Parties prenantes



Définition des trois niveaux de gamme



Cas d'usages



Exigences systèmes



3. Le dossier de spécification système (DSS): Mission et sous mission du système

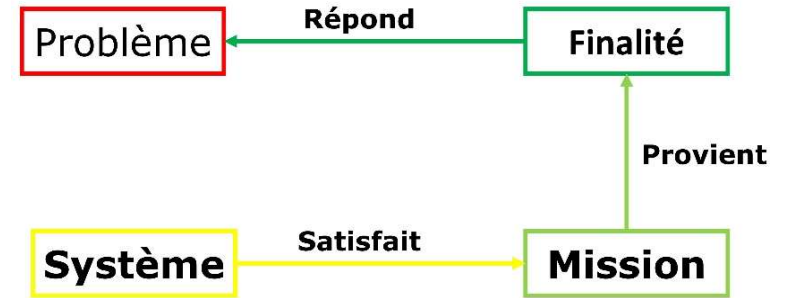
6

Finalité

Supprimer le risque de heurts engin piéton et garantir la sécurité des hommes et des femmes qui circulent et travaillent à pied à proximité des engins mobiles sur les chantiers.

Mission

Prévenir les collisions et détecter les piétons qui évoluent dans une zone autour de l'engin.



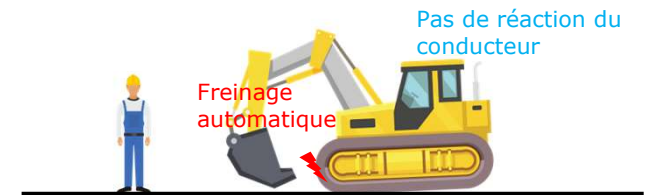
Sous mission 1 :

Détecter les piétons qui évoluent dans une zone autour de l'engin.



Sous mission 2 :

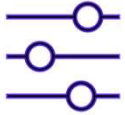
Avertir le conducteur et les piétons lors d'un risque de collision.



Sous mission 3 :

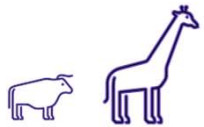
Agir sur l'engin en cas de risque imminent de collision entre l'engin et les piétons (statiques ou/et mobiles)

[expleo]



3. Le dossier de spécification système (DSS): définition des niveaux de gamme

Quatre critères pour classifier une famille d'engin dans un niveau de gamme



- **Gabarit:** *plus l'engin est grand, plus il faut de capteurs*



- **Vitesse:** *plus elle est grande, plus il faut anticiper et percevoir loin*

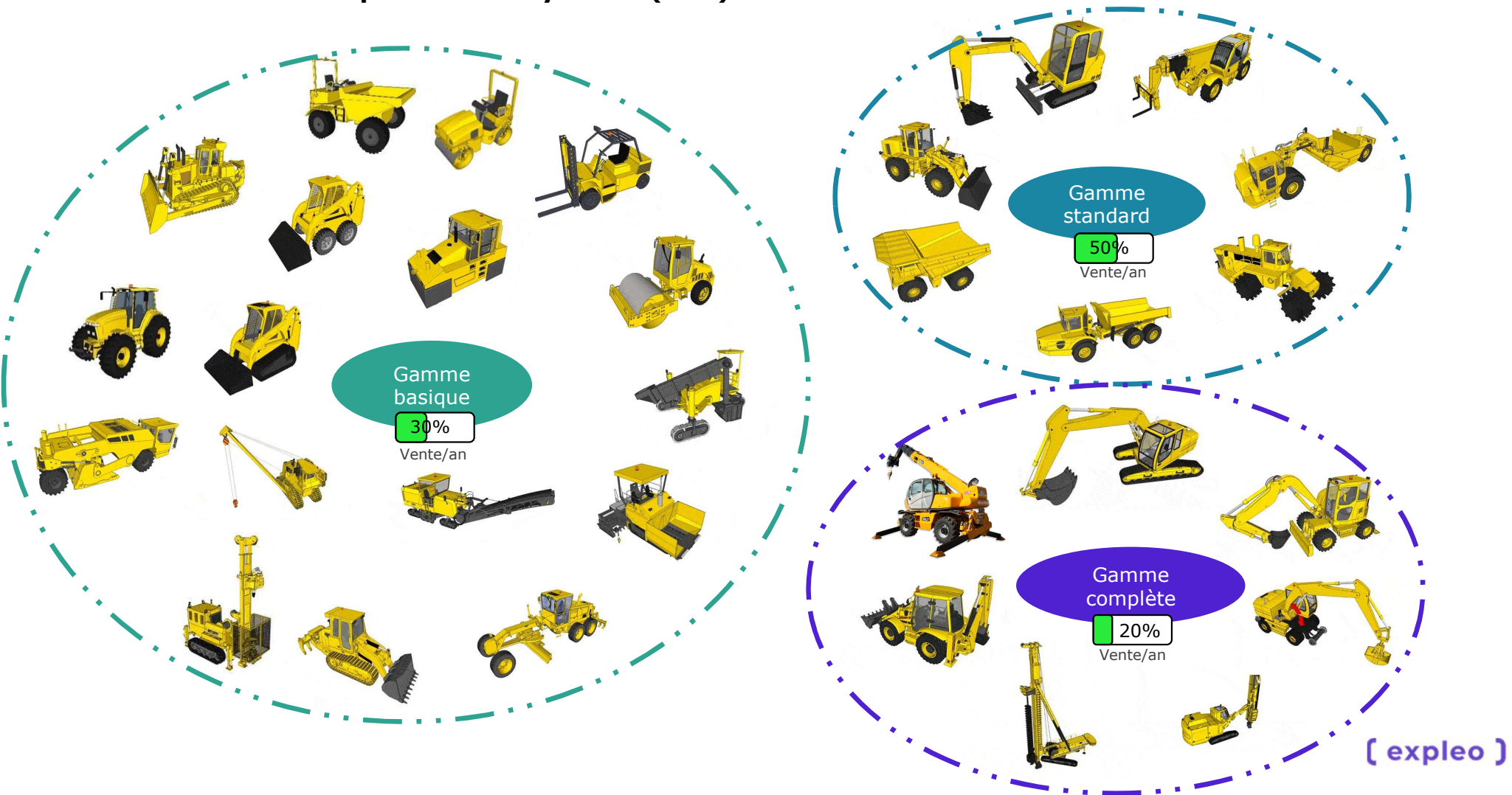


- **Tourelle:** *ajoute des mouvements à arrêter*



- **Équipement:** *ajoute des mouvements à arrêter*

3. Le dossier de spécification système (DSS): résultat de classification



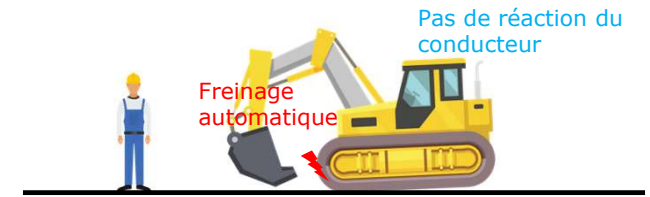
3. Le dossier de spécification système (DSS): Différences de performance des niveaux de gamme 9



Sous mission 1



Sous mission 2



Sous mission 3

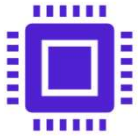
Gamme	Détection	Alerte	Action
Basique	Avant et arrière	Sonore + signalisation visuelle (chauffeur)	Oui
Standard	Avant, arrière Et angles morts	Sonore + affichage simple (chauffeur)	Oui
Complète	360°	Sonore + affichage anticipatif + alerte piéton	Oui

[expleo]

4. Le dossier d'architecture système (DAS)

10

Points clés:



Architecture fonctionnelle commune



Architecture physique compacteur tandem



Architecture physique chariot élévateur télescopique



Architecture physique minipelle



Architecture physique pelle

4. Le dossier d'architecture système (DAS)

Exemples de contenu :

Quelques nombres clés:

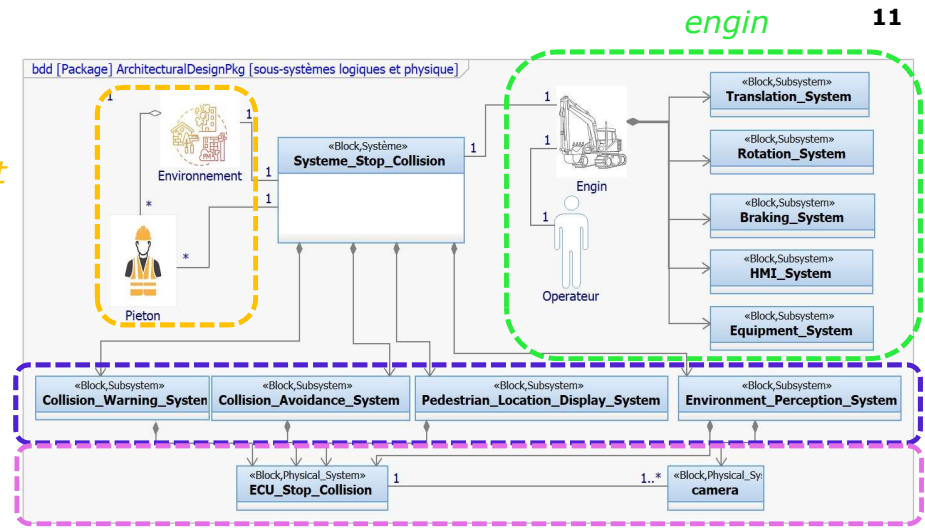
- **146** exigences système
- **321** exigences fonctionnelles
- **101** exigences d'interface
- **101** diagrammes *Model Based System Engineering (MBSE)*
- Solution full caméra entre **2 et 6** selon la gamme
- Livrables: **429** pages de documents

(SOA V2.1: 169 pages; DSS V3.2: 75 pages; DAS V2.2: 149 pages; PVAL V1.1: 27 pages; ECO V4.2: 9 onglets)

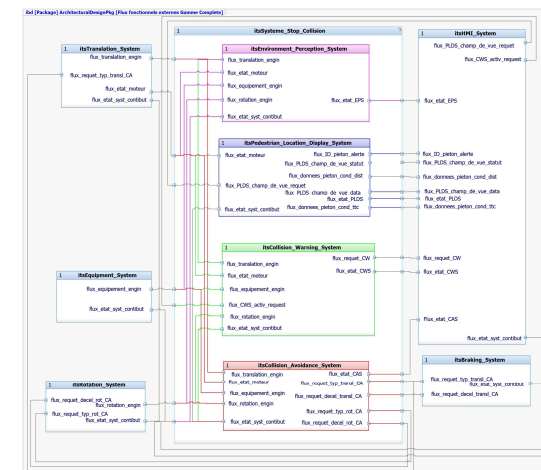
environnement

Sous-systèmes logiques

Composants



(figure 114, extrait du DAS p139)



(figure 112, extrait du DAS p136)

[expleo]

4. Le dossier d'architecture système (DAS)

Proposition des solutions pour chaque gamme:

Gamme basique	Gamme standard	Gamme complète
		

Pas de LIDAR ?

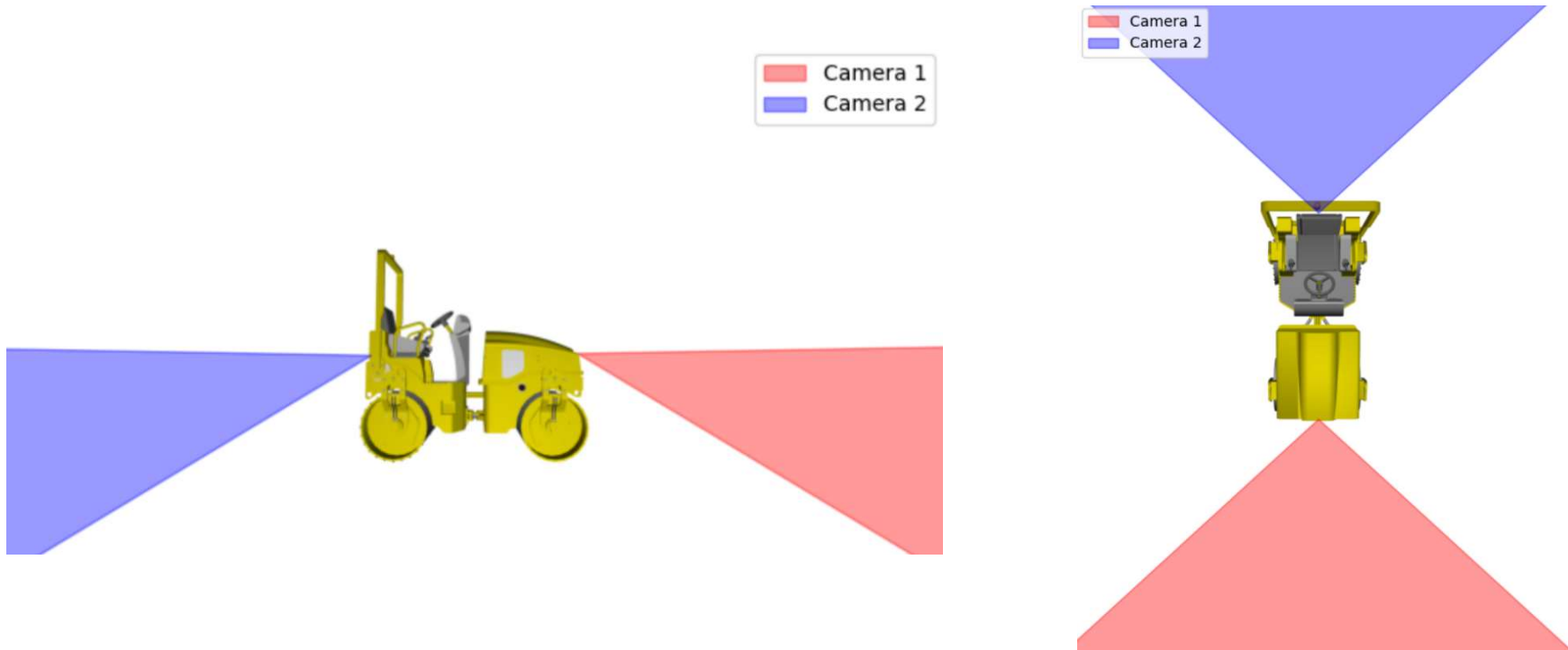
Bien qu'un LIDAR 3D soit capable de construire une cartographie 3D de l'environnement, le nuage de point créé est beaucoup plus lourd à traiter et donc il serait plus coûteux en composant et en temps de traitement pour identifier les piétons. La solution par caméra avec analyse d'image par IA est plus adaptée au système stop collision.

(expleo)

4. Le dossier d'architecture système (DAS)

Architecture physique possible:

2 caméras pour le compacteur tandem (gamme basique)

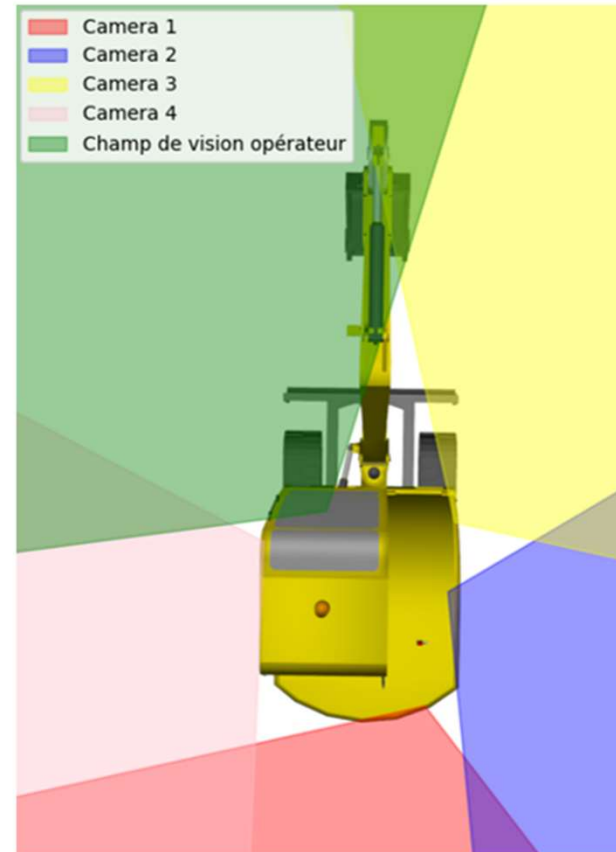
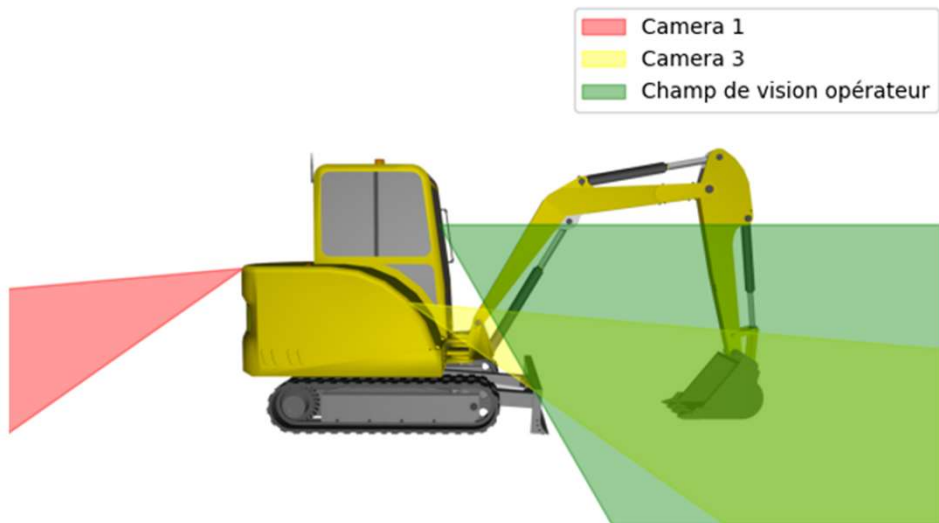


[expleo]

4. Le dossier d'architecture système (DAS)

14

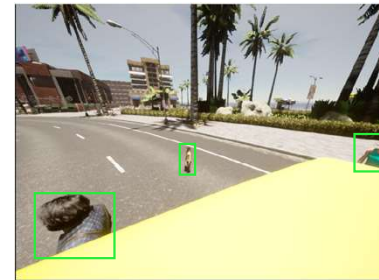
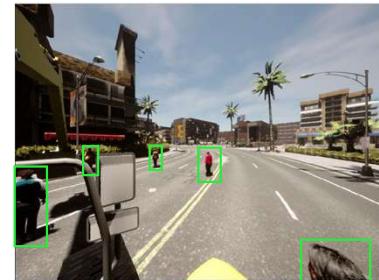
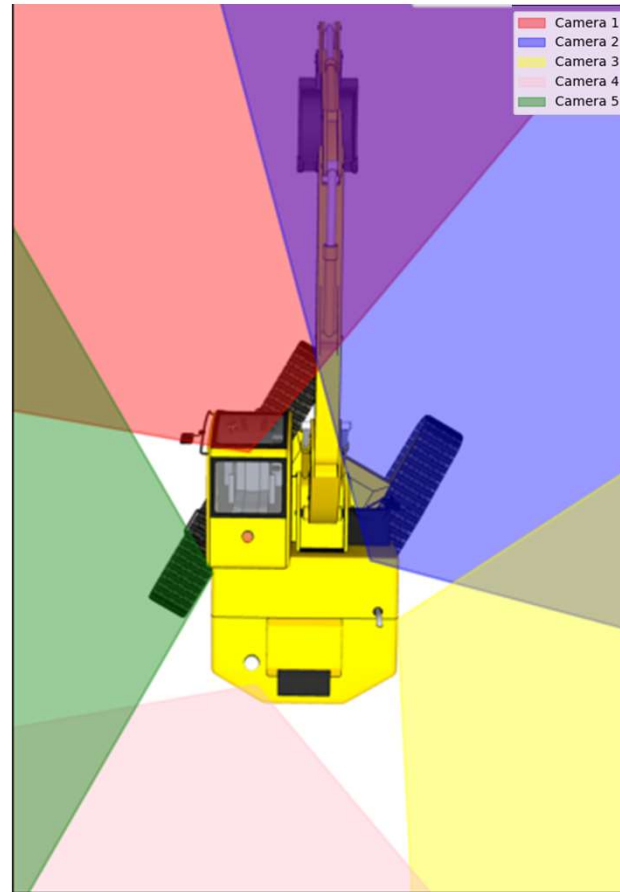
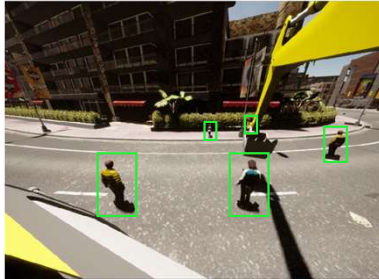
Architecture physique possible: 4 caméras pour la minipelle (gamme standard)



[expleo]

4. Le dossier d'architecture système (DAS)

Architecture physique possible: 5 caméras pour la pelle (gamme complète)



[expleo]

5. Une estimation des coûts de développement

Approche progressive

développement de la **gamme basique** seule, puis **standard** seule et enfin **complète**.

+ Investissement étalé dans le temps

+ réponse des marchés

- déploiement long

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€		
		calculateur - Cout Pièce Série par nombre d'engin	par engin construit	0,3 k€	8,0 k€	10,0 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€

Ces valeurs sont une évaluation. Elles ne sont aucunement garanties et ne doivent pas être utilisées en l'état pour lancer un quelconque projet.

TOTAL

8 070,3 k€

expleo)

5. L'estimation des coûts de développement

Approche combinée

développement de la **gamme basique**, **standard** et **complète** simultanément

- Investissement plus lourd au départ

+ coûts de développement diminué de 1,8M€

+ déploiement plus rapide

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€		
				Gamme Basique	Gamme Standard	Gamme Complète
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)	par famille d'engin	30,0 k€	30,0 k€	250,0 k€		
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€		

Ces valeurs sont une évaluation. Elles ne sont aucunement garanties et ne doivent pas être utilisées en l'état pour lancer un quelconque projet.

(expleo)

6. Stratégie de validation (PVAL)

Points clés:



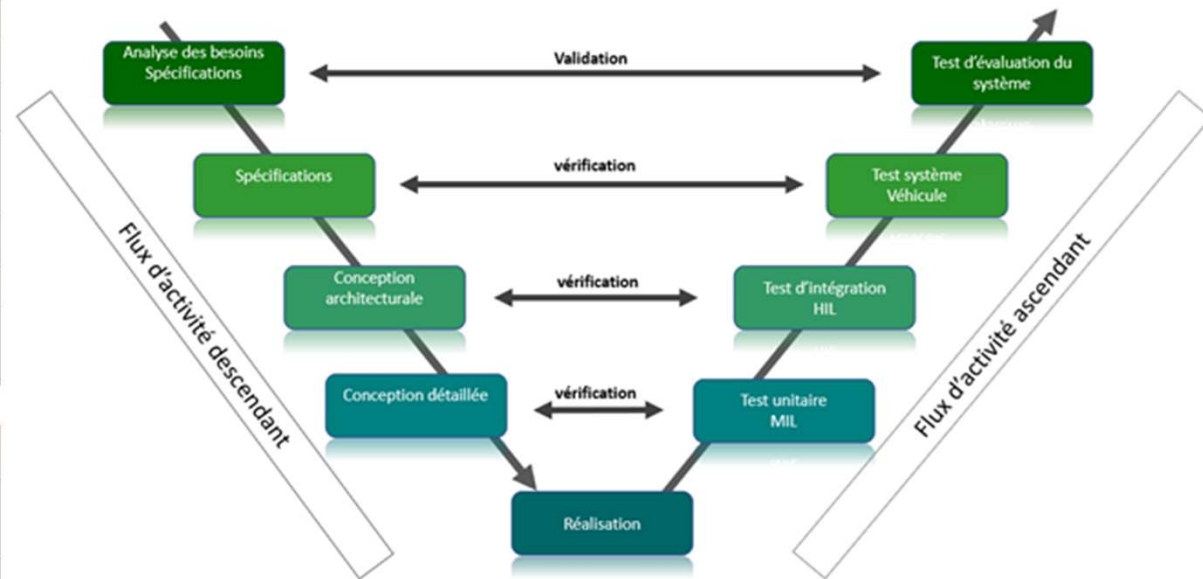
Cadre pour valider le système

Stratégie différente selon « 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



Cycle en V du processus technique de l'ISO 15288 appliqué aux ADAS

[expleo]

7. Des questions ?

19

Etat de l'art (SoA)

Dossier de
spécification
système (DSS)

Dossier
d'architecture
système (DAS)



Coûts de
développement

Stratégie de
validation

[expleo]

(expleo)
Think bold, act reliable

expleogroup.com