



Contribution à l'autonomie des robots : Vers des missions Autonomes à Garantie de Performances incluant la Localisation en environnement intérieur connu

Présenté par :
Philippe Lambert

9 juin 2021

Jury composé de :

Rapporteur : Jean-Philippe Diguët

Rapporteur : Simon Lacroix

Examineur : Lotfi Jaiem

Examineur : Jacques Malenfant

Examineur : Olivier Parodi

Examineur : René Zapata

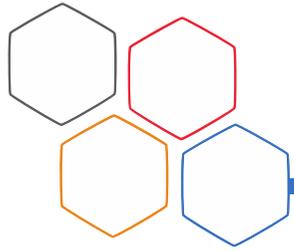
Directeur de thèse : Didier Crestani

Co-Directeur de thèse : Lionel Lapierre



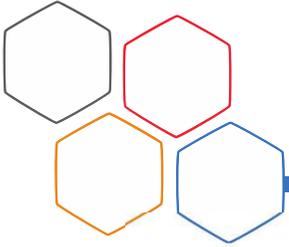
**UNIVERSITÉ DE
MONTPELLIER**



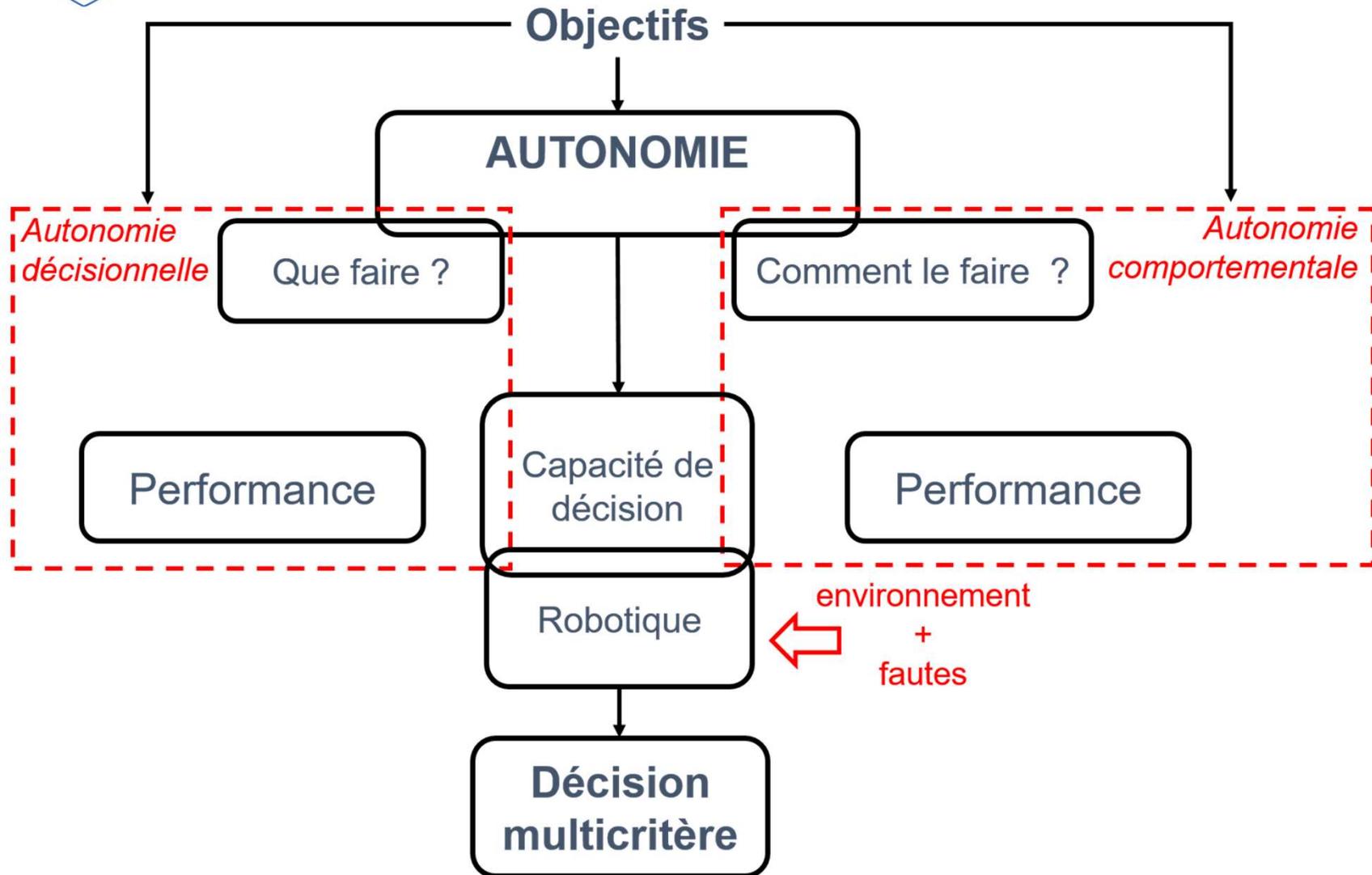


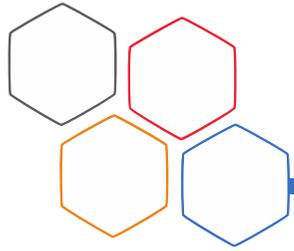
Sommaire

- ◆ Contexte du travail
- ◆ PANORAMA
- ◆ Problématique de localisation
- ◆ Localisation : Modèles d'incertitude
- ◆ Gestion de l'initialisation : Viterbi
- ◆ Expérimentations
- ◆ Conclusion et perspectives



Autonomie





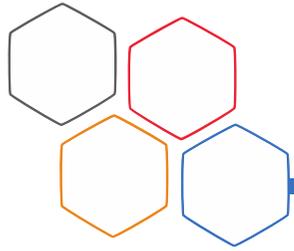
Autonomie Comportementale

◆ Comment faire ?

- Gestion de la redondance physique et fonctionnelle
- Allocation des ressources matérielles et logicielles

◆ Performances

- Critère de choix
 - Observable
 - Pilotable



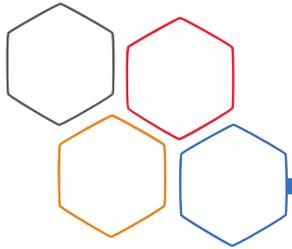
PANORAMA

■ PANORAMA

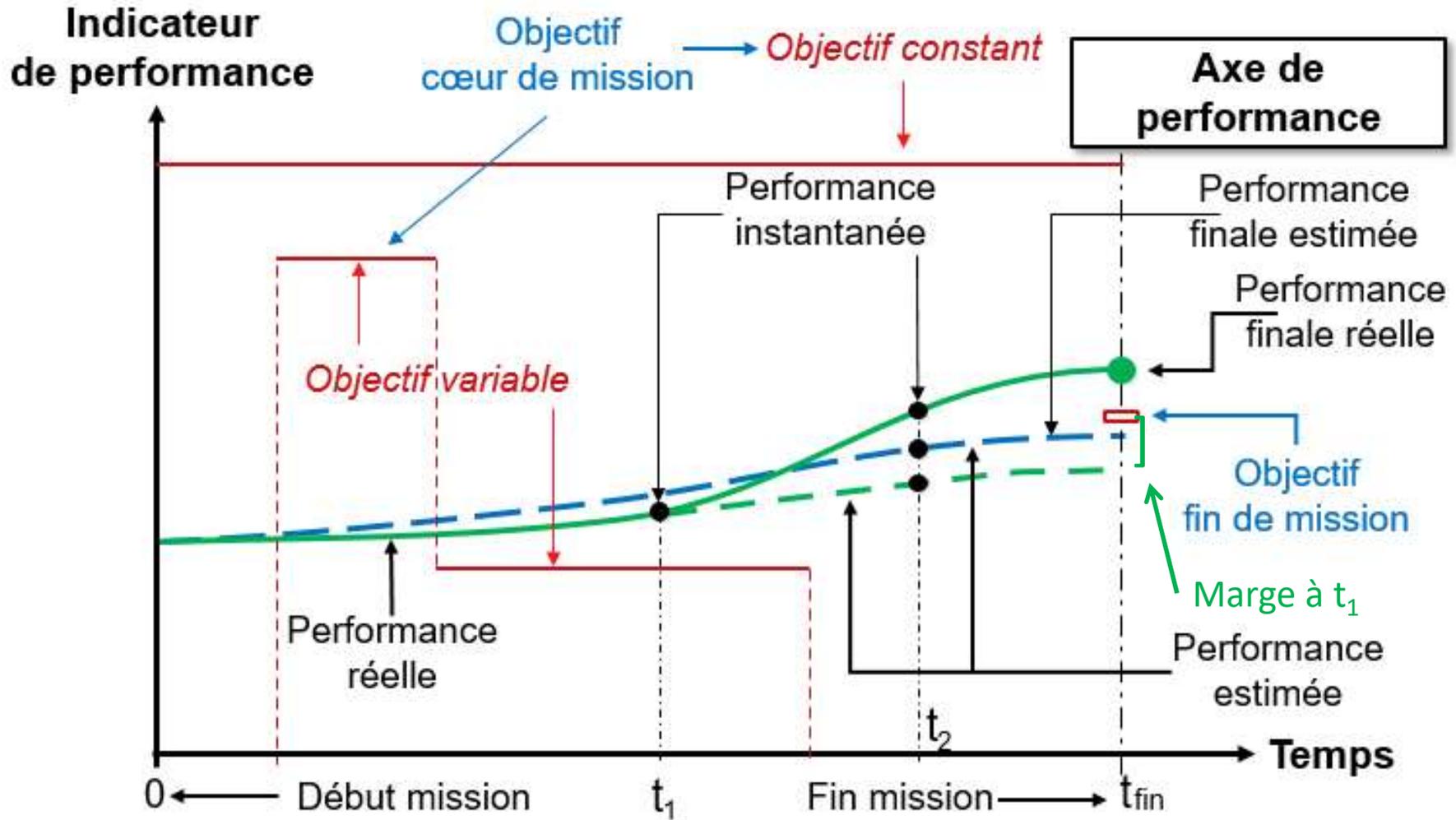
- Performance and Auto**NO**my using **R**essource **A**llocation **M**Anagement
- La mission est définie
- L'environnement est connu

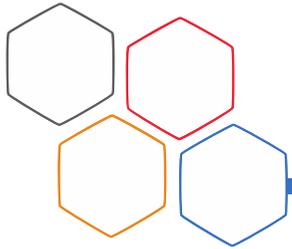
■ Autonomie comportementale

- Garantie de performance
 - Niveau Mission
 - Allocation de ressources
 - Modèles prédictifs de performance

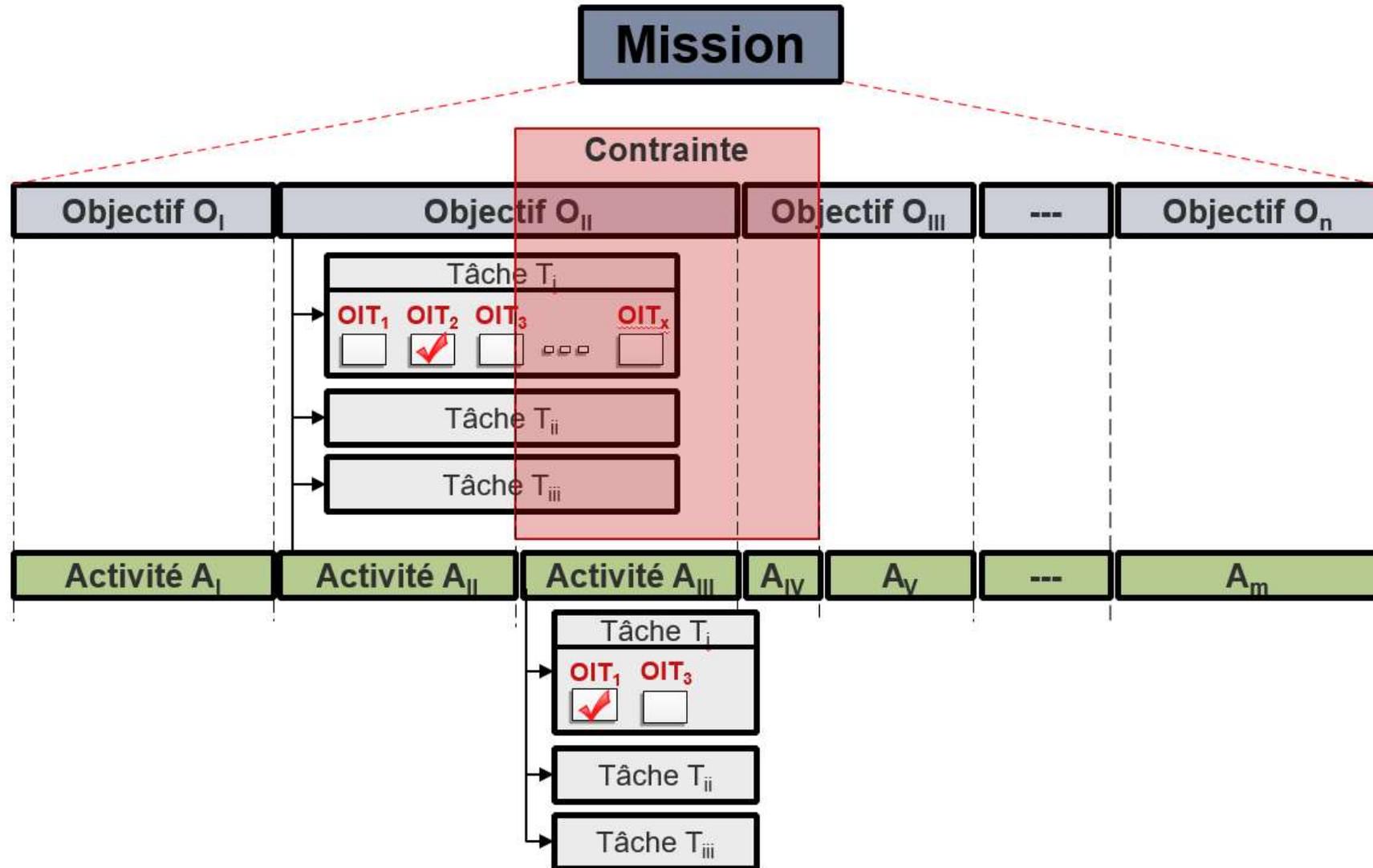


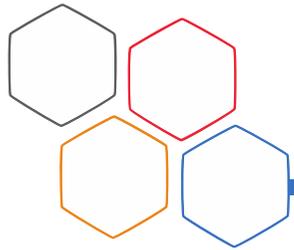
Performance : Typologie





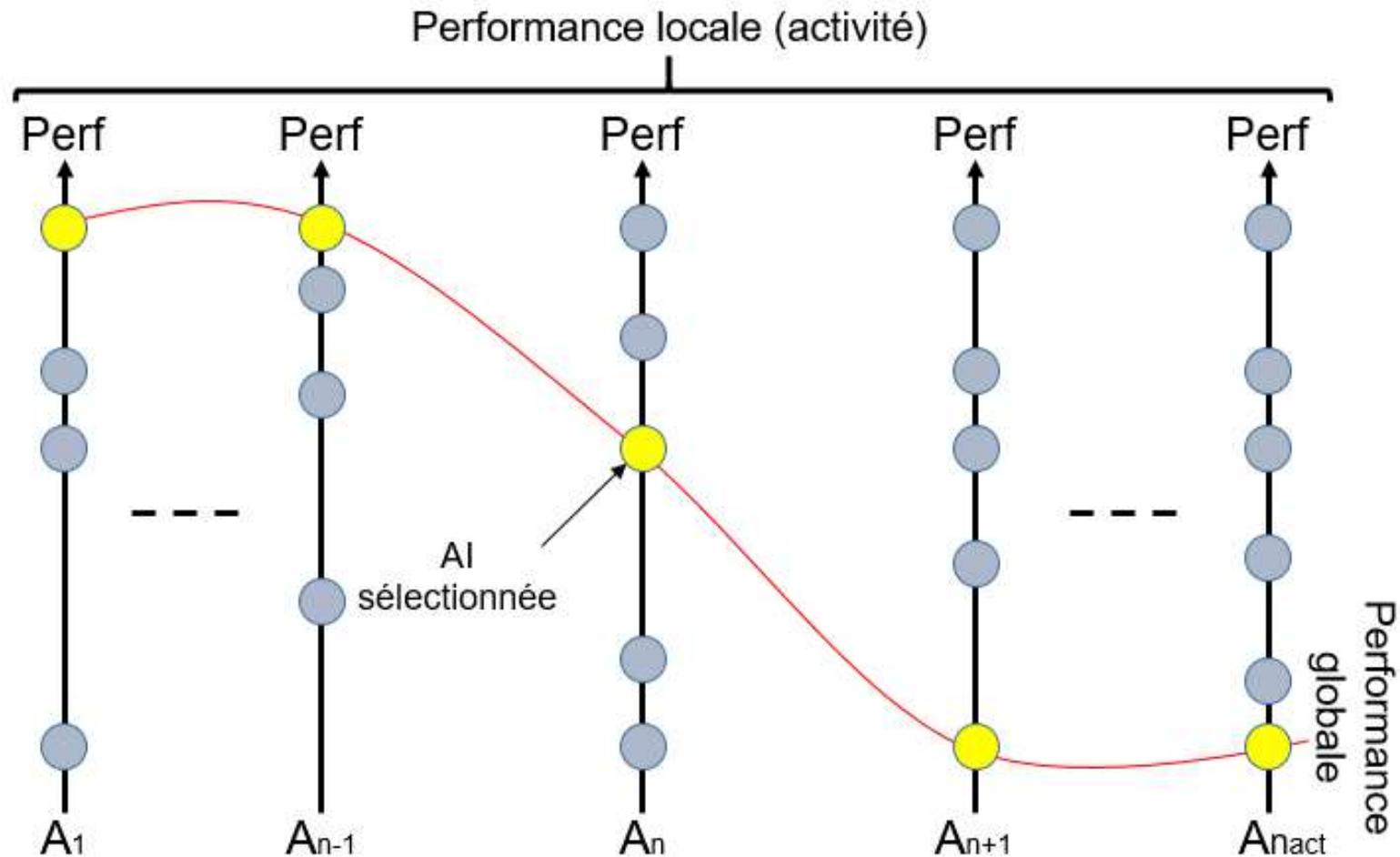
Décomposition de la Mission

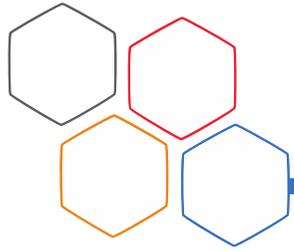




Allocation de ressources

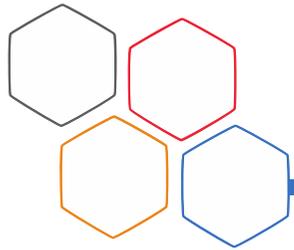
◆ Prédiction du déroulement de la Mission





Axe de Performance

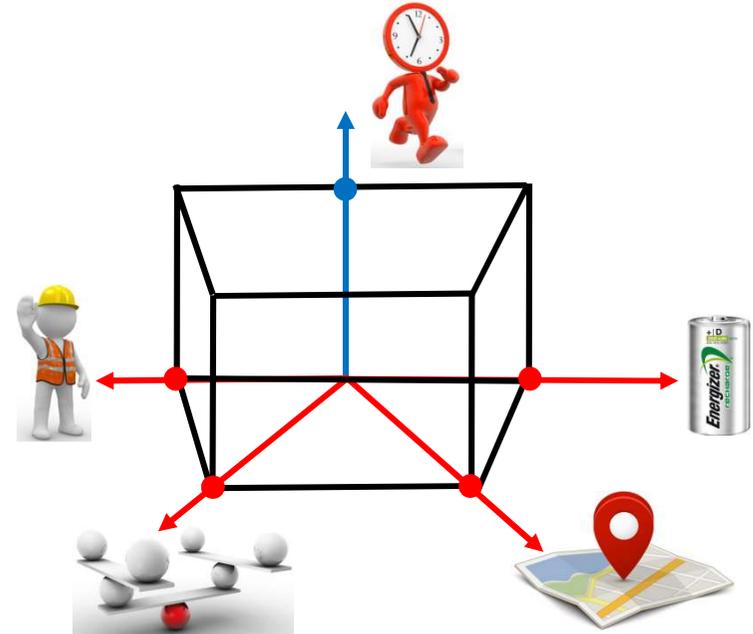
- ◆ Un axe de performance
 - Peut se rapporter à plusieurs Objectifs
- ◆ Objectif
 - Evalué tout au long de la mission et/ou prédit en fin de mission sous forme de marges
- ◆ Mise en oeuvre
 - Besoin : Modèles de performance prédictifs
 - Besoin : Suivi des indicateurs de performance en ligne
 - Hypothèse : Indépendance des activités



PANORAMA SED

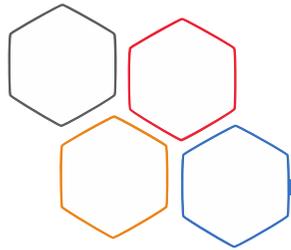
◆ Axes de performance

- Sécurité
- Energie
- Durée
- Stabilité (Supposée)
- Localisation (Qualitative)



◆ Gestion performance Localisation (Hypothèses)

- Energie $\nearrow \Rightarrow$ Performance de Localisation \nearrow
 - Limiter l'utilisation de l'odométrie
- L'information de localisation seule suffit (confiance)



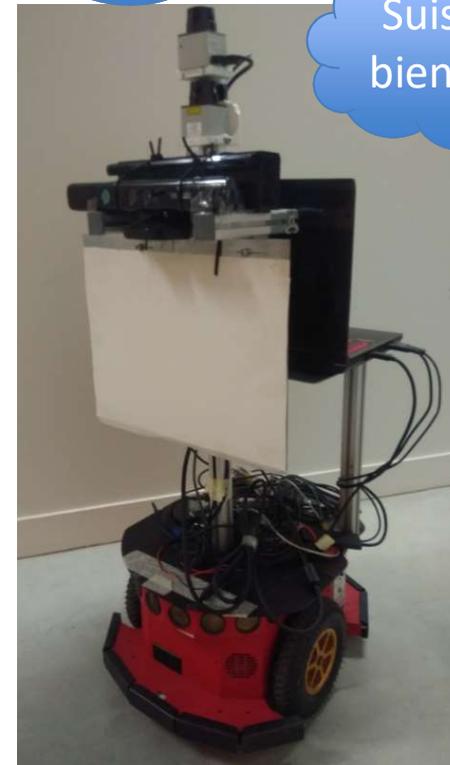
Contribution PANORAMA : SLED

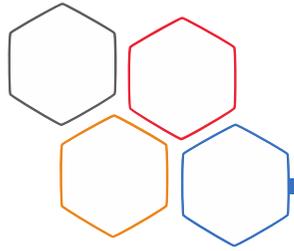
- ◆ Gestion quantitative de la Localisation

- ◆ Faire les bonnes actions aux bons endroits
- ◆ Utiliser les bonnes ressources aux bons endroits

Où suis-je?

Suis-je bien là?





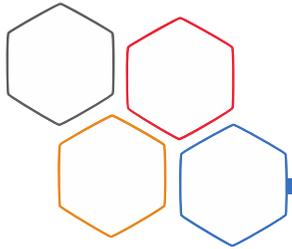
Etat de l'art : Positionnement

Constats

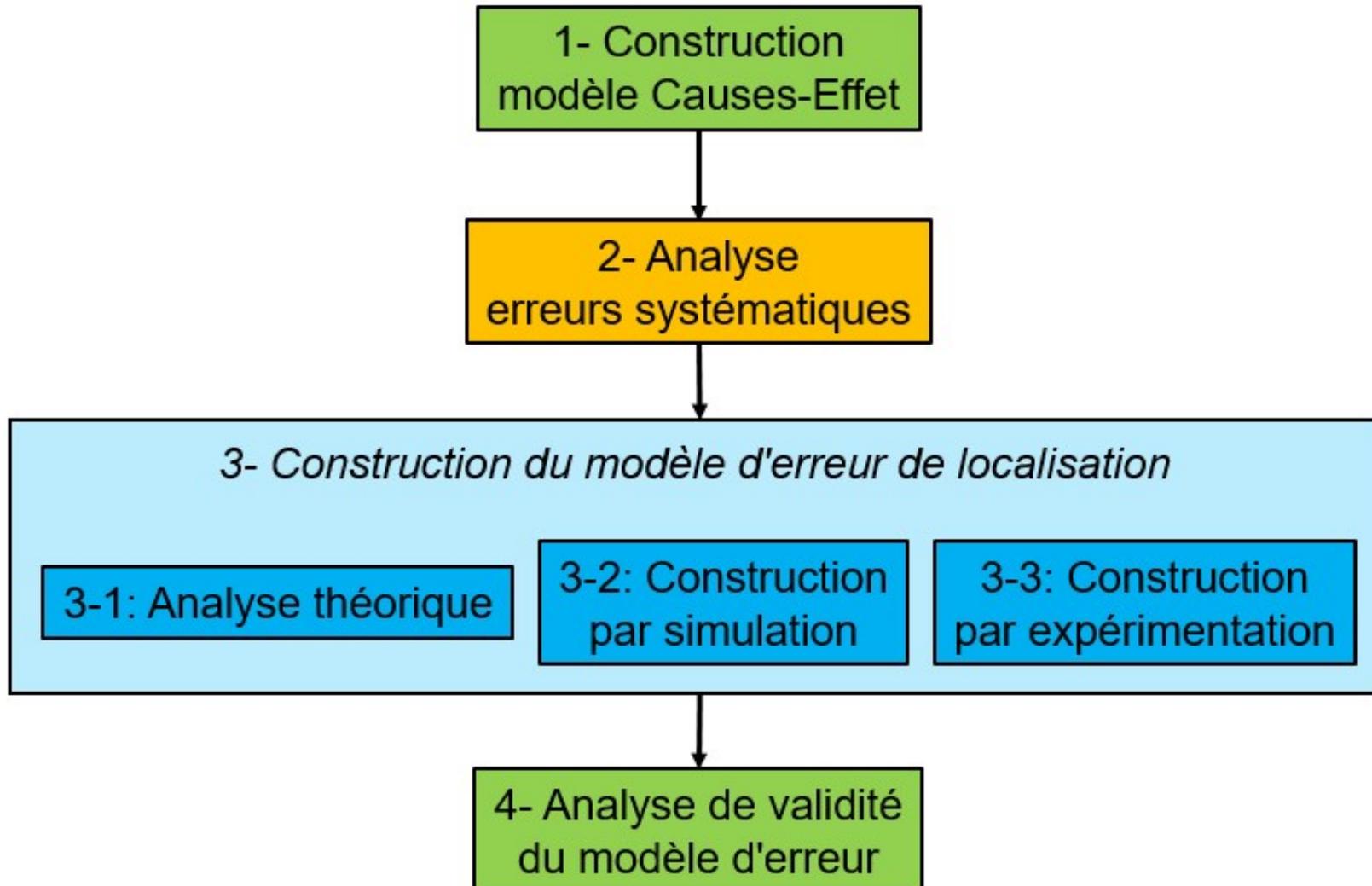
Conditions d'évaluation souvent
Favorables

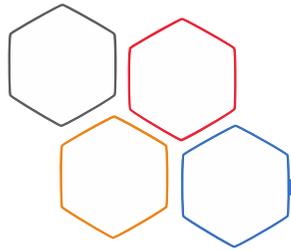
Peu d'études de l'orientation

Performance estimée à posteriori



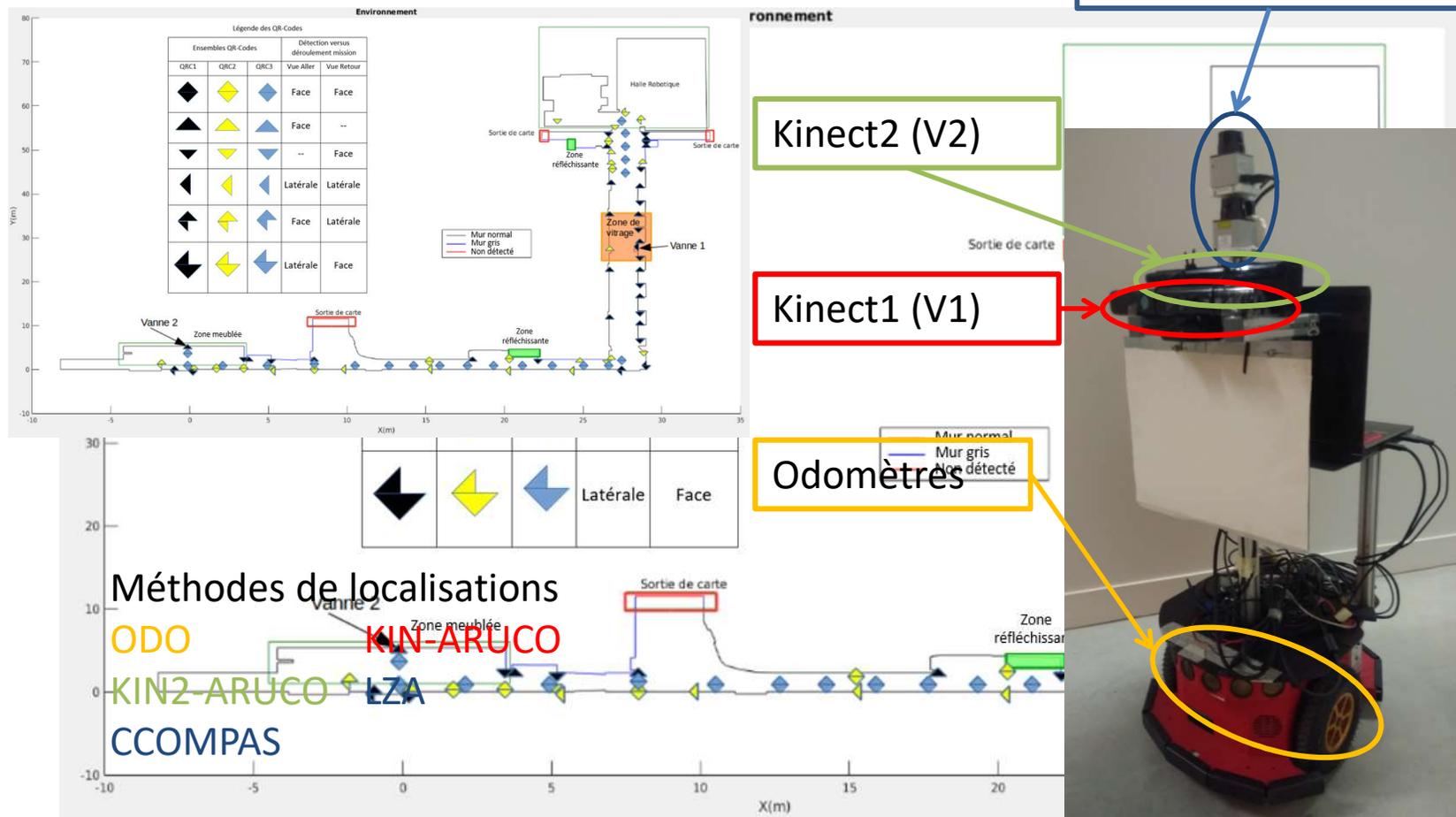
Modèles d'incertitude : Méthodologie

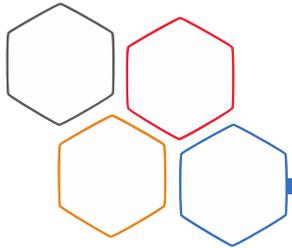




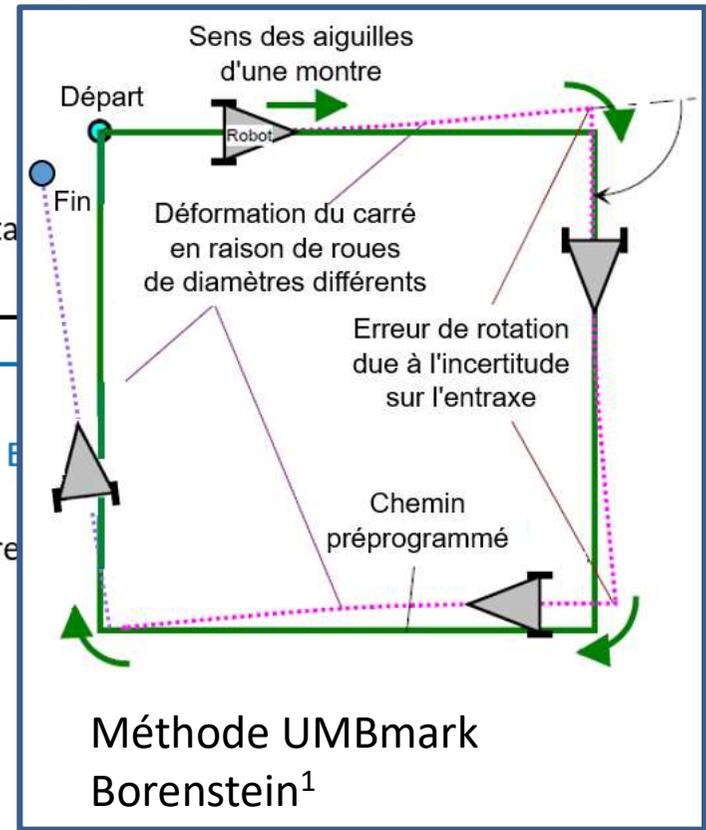
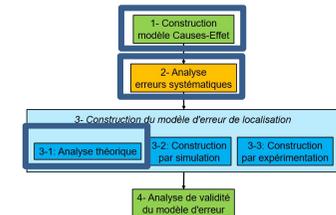
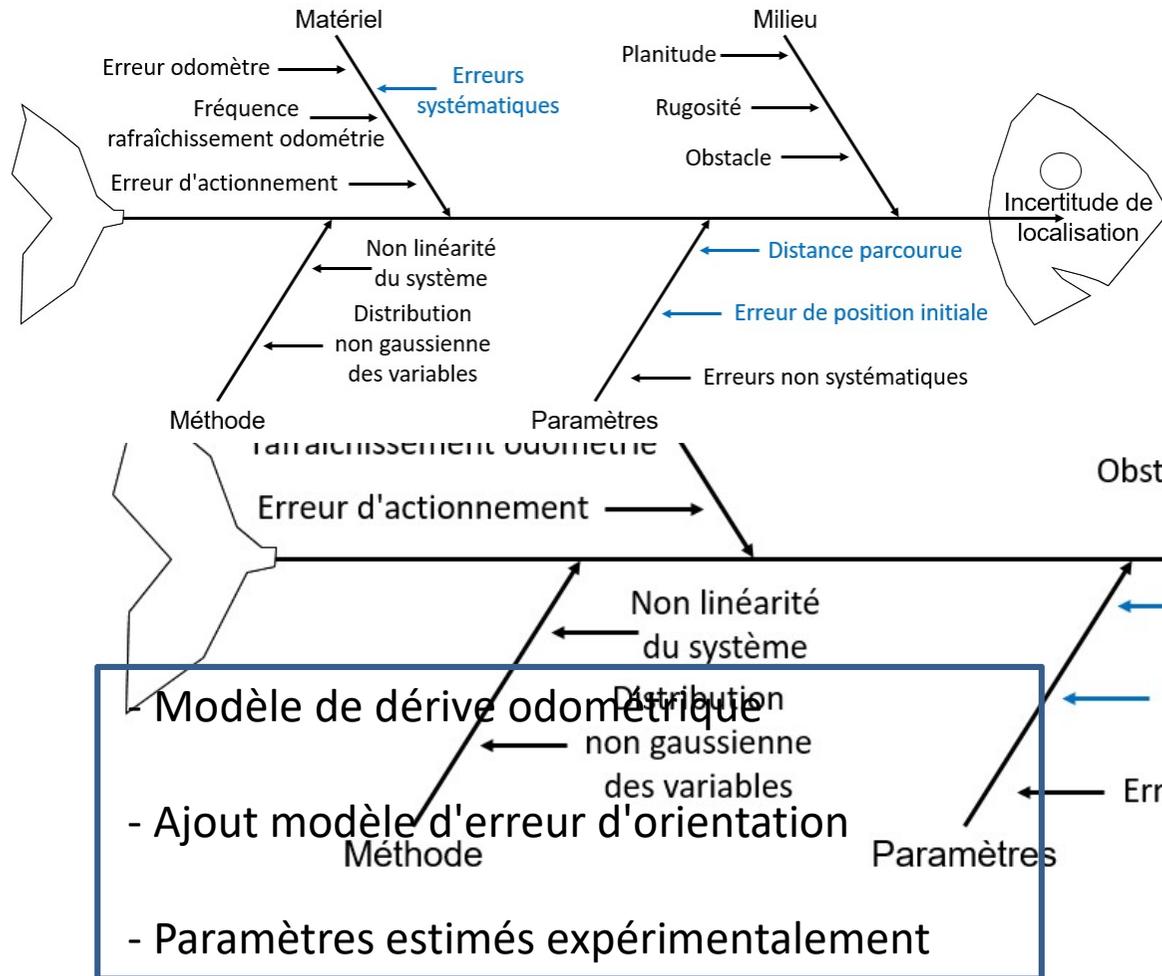
Contexte applicatif

◆ Environnement

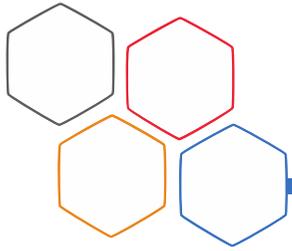




Odométrie

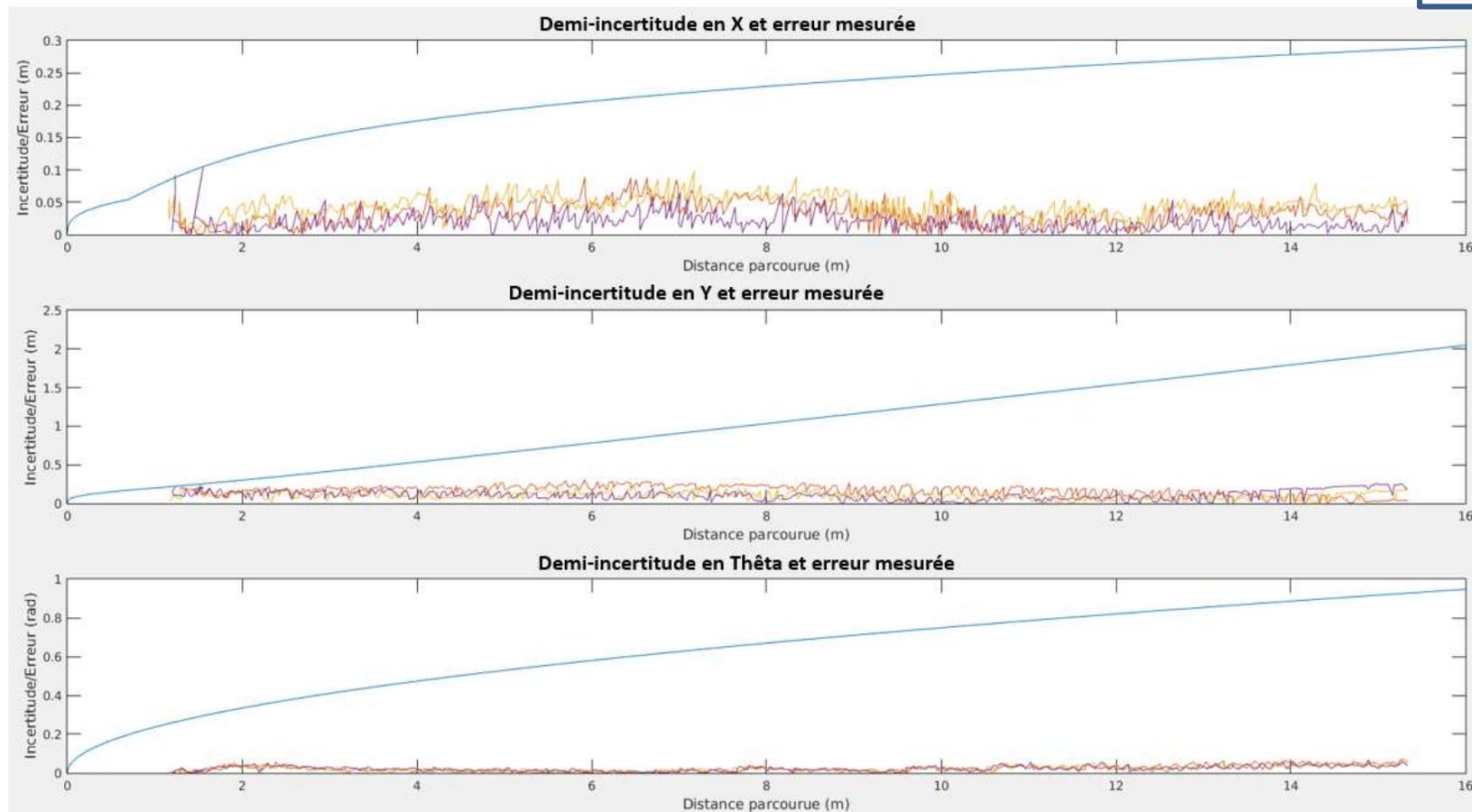
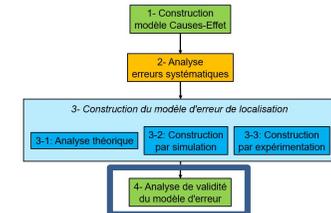


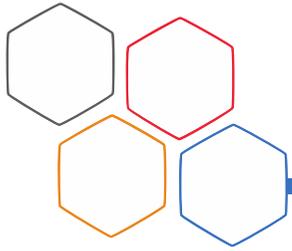
[1] Borenstein, J and Feng, L. Measurement and correction of a systematic odometry errors in mobil robots. IEEE Transaction on Robotics and Automation, 12(6) : 869-882, 1996.



Odométrie

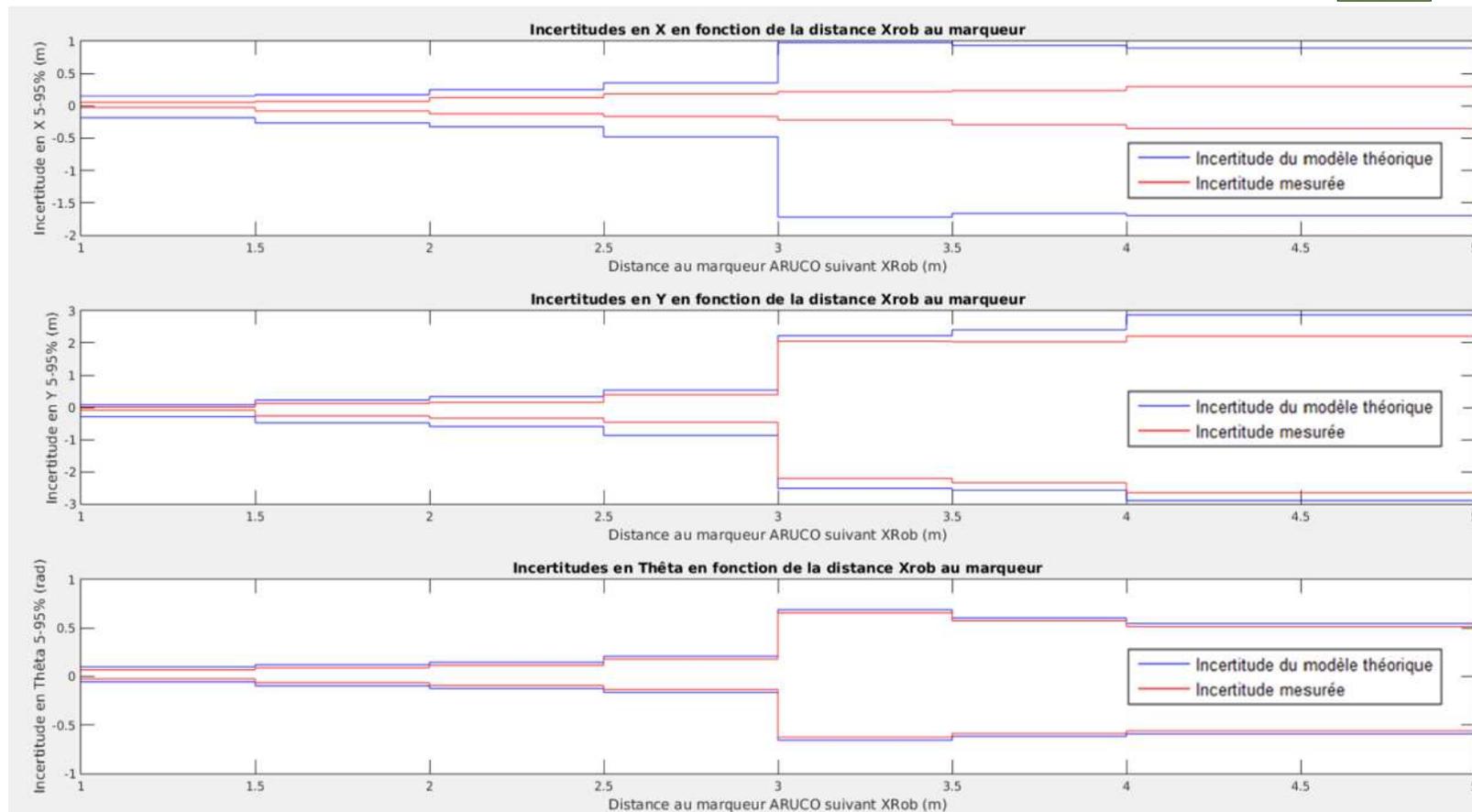
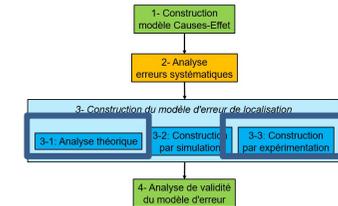
◆ Comparaison aux résultats expérimentaux

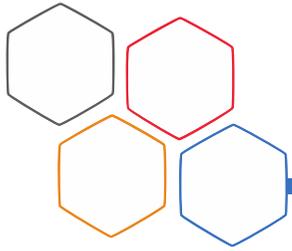




Kinect1

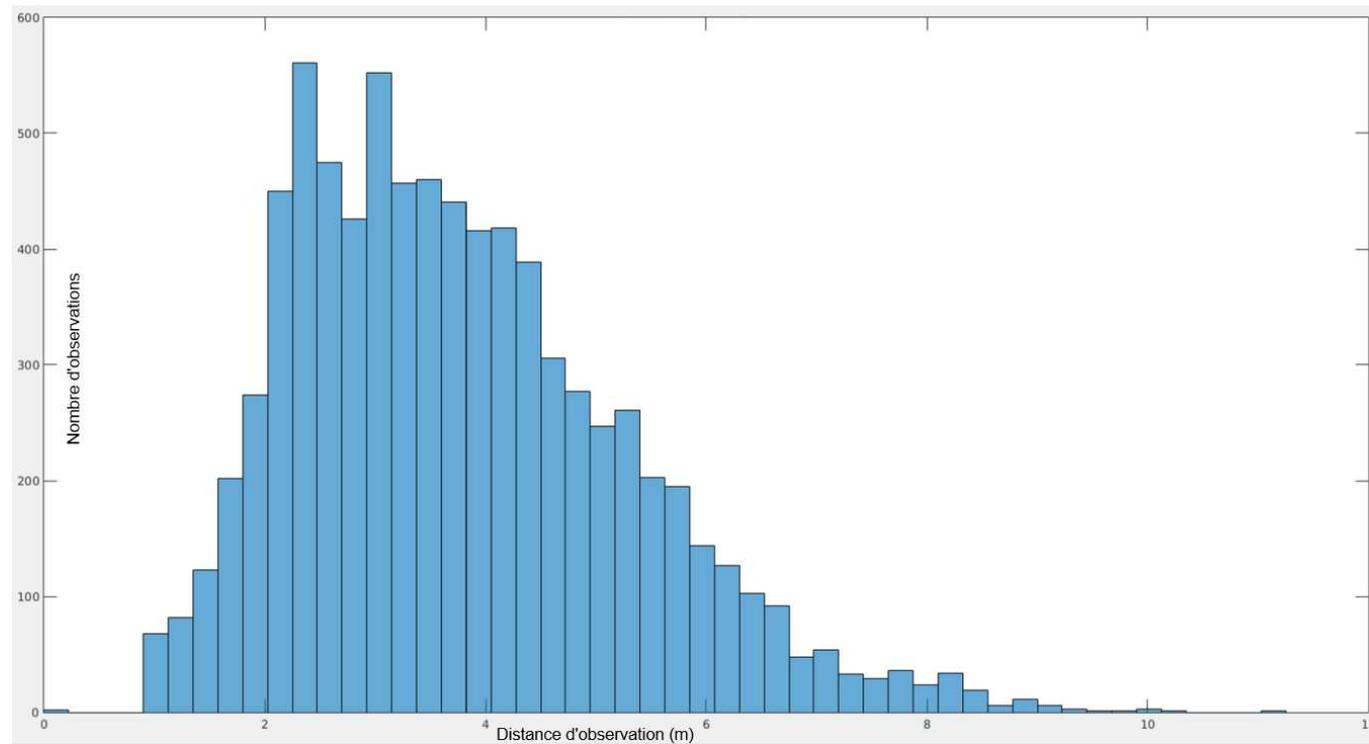
◆ Modèles d'incertitude



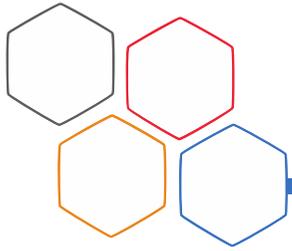


Kinect1

- ◆ Distance de détection (sur X_R)

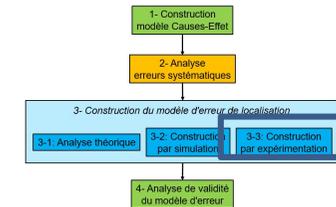
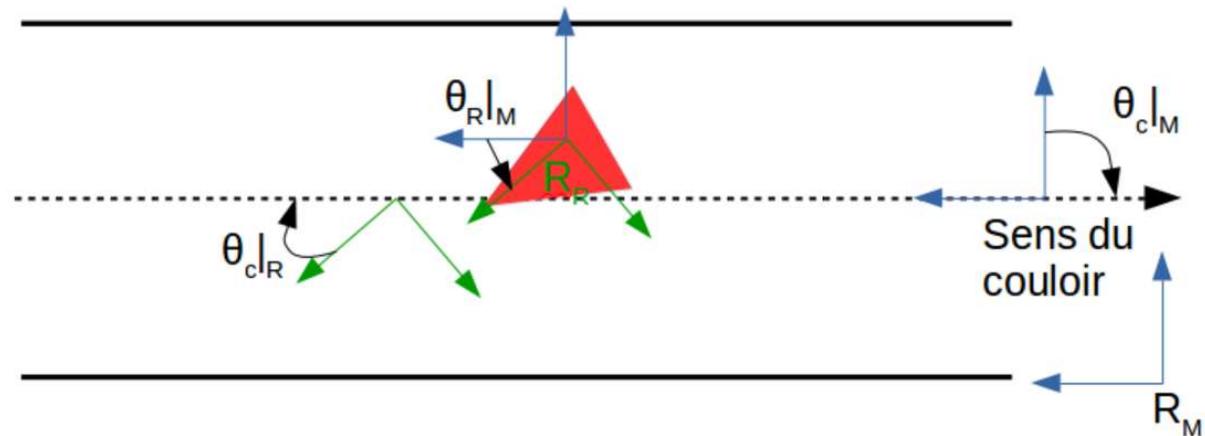
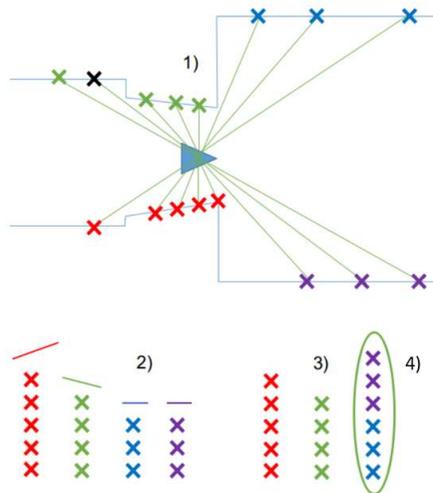


- ◆ Espace de détection : [2 3] m sur X_R



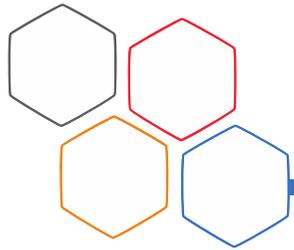
Compas

● Fonctionnement



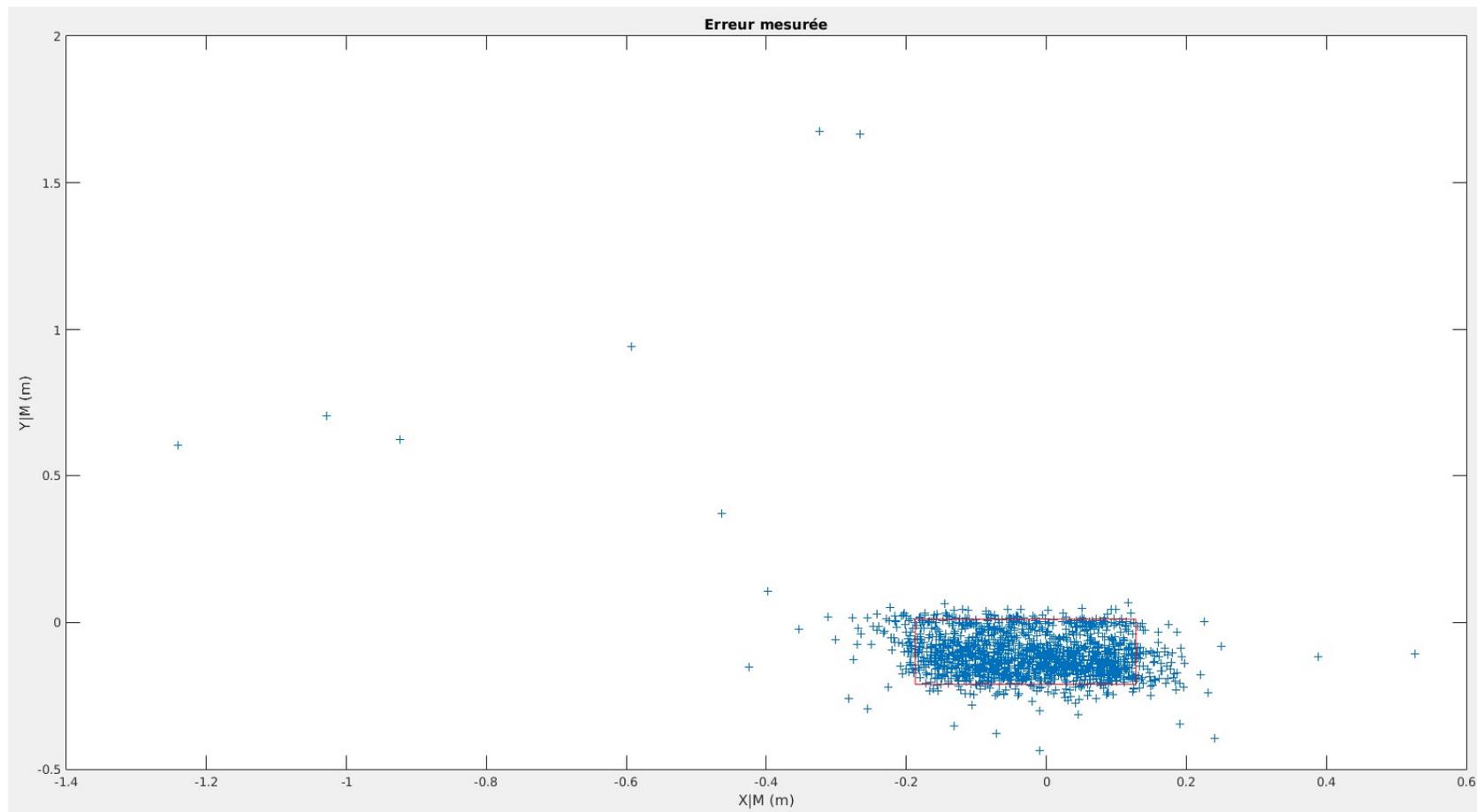
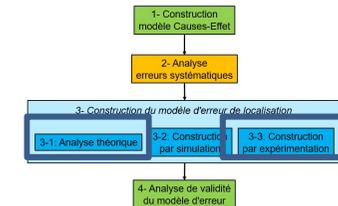
● Limitations

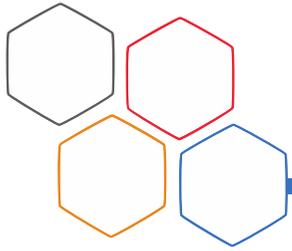
- Connaitre l'orientation du couloir courant
- Pas de RT comparable : on observe donc son incertitude propre +/- 0.05 rad



Kinect2

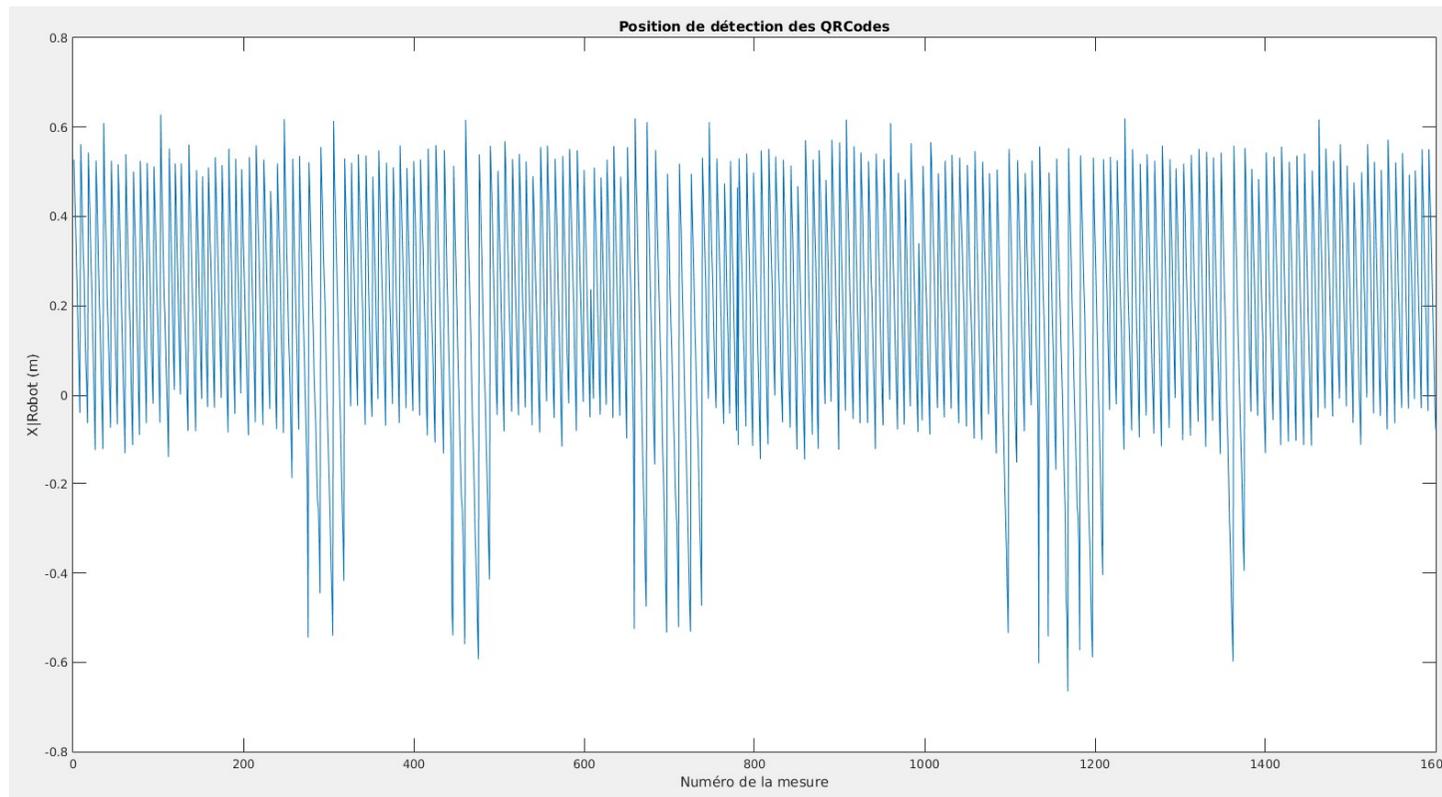
Modèles d'incertitude expérimentale



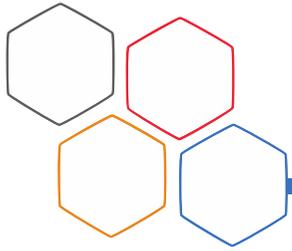


Kinect2

- Distance de détection (sur X_R)

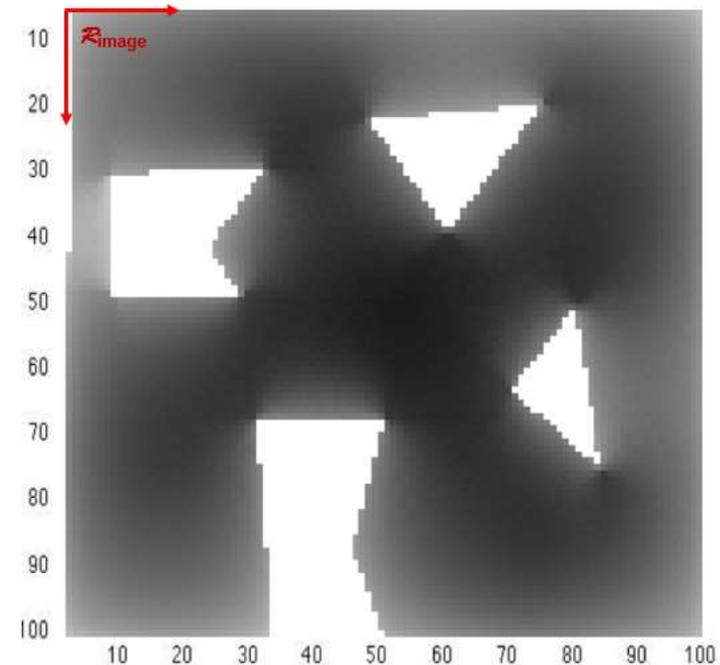


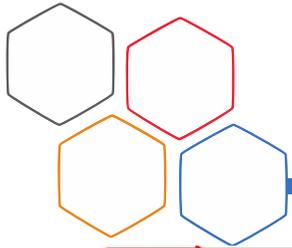
- Espace de détection : $[0 \ 0.5]$ m sur X_R



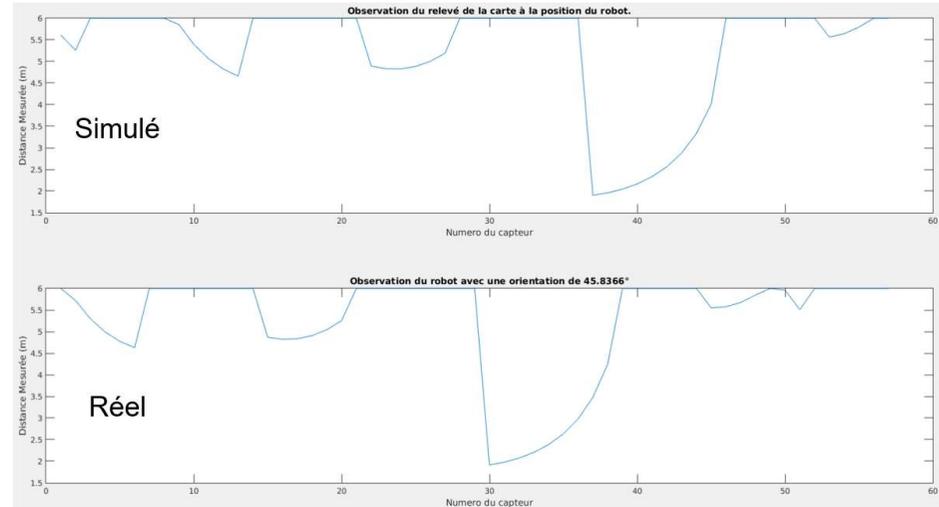
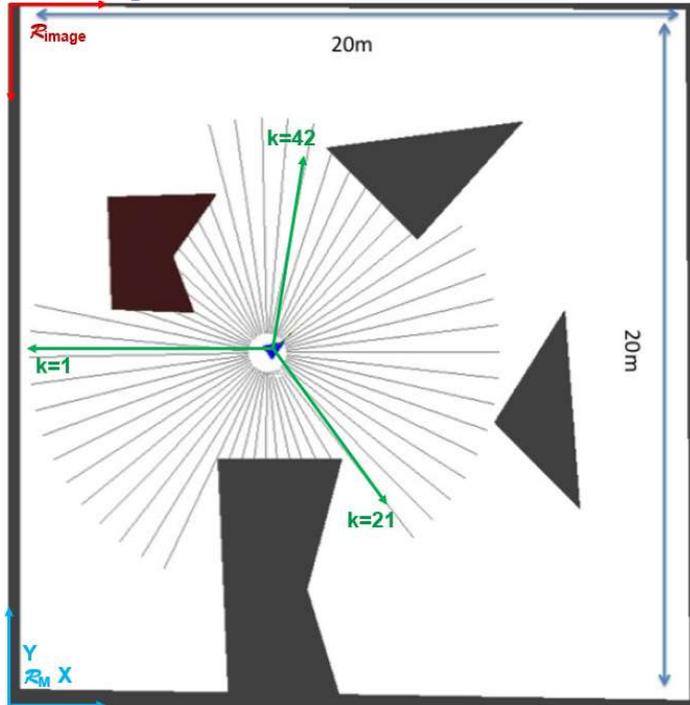
LZA

- ◆ Développée par EXPLORE
- ◆ Localisation globale
- ◆ Basée sur les apparences
 - Occupation de l'espace de détection
- ◆ Télémétrie 360°
 - Intervalle de mesure constant
- ◆ Apprentissage long

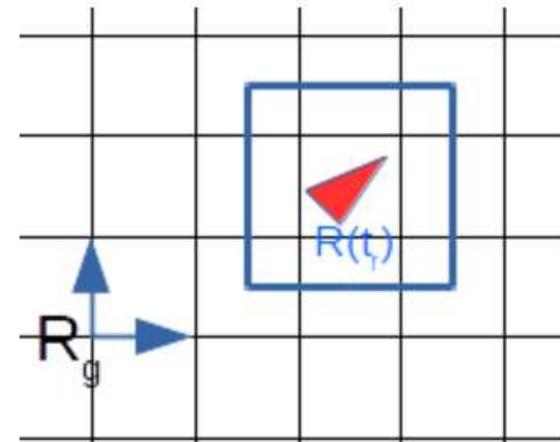


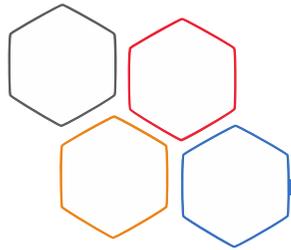


LZA



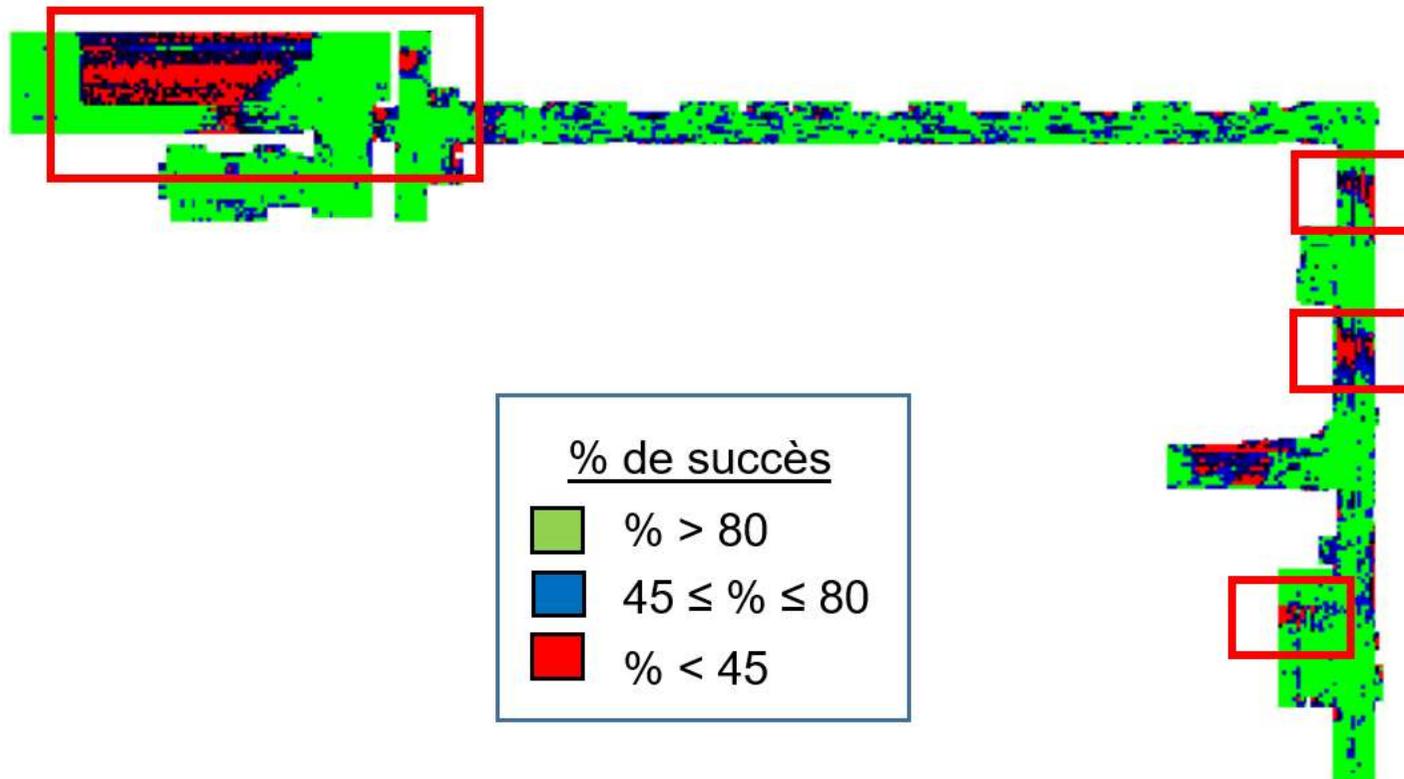
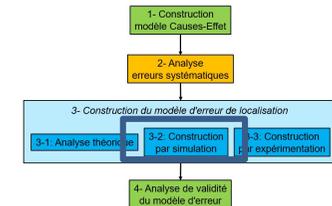
- ◆ Estimation au centre de case
 - Estimation discrète



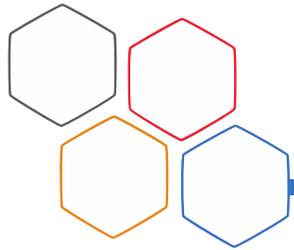


LZA : Performances brutes

- 100 positions simulées par case
- Pas de bruit capteur

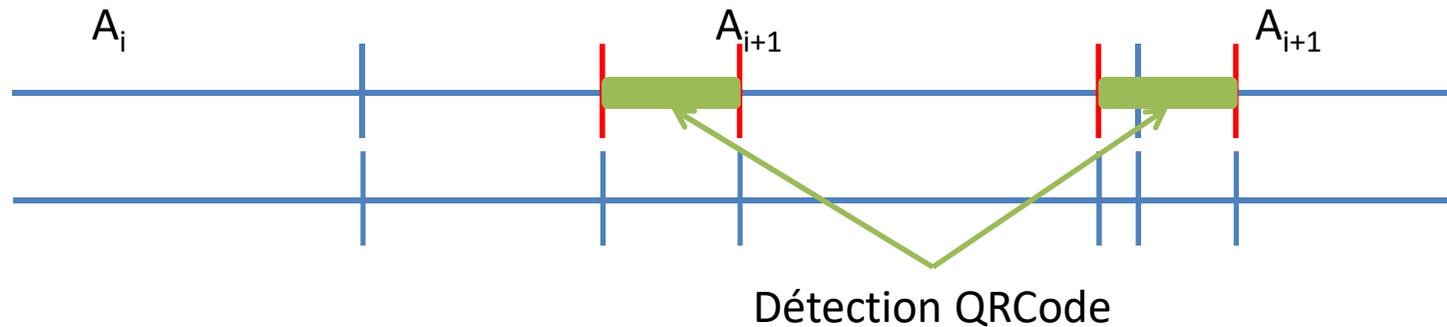


Performances brutes Localisation : Modèles d'incertitude



PANORAMA avec ces modèles

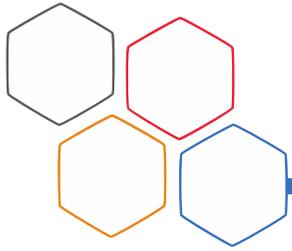
◆ Multiplication des activités



◆ LZA ~ inutilisable

- Résultats valides et invalides non distinguables

◆ La mission n'est pas réalisable telle quelle



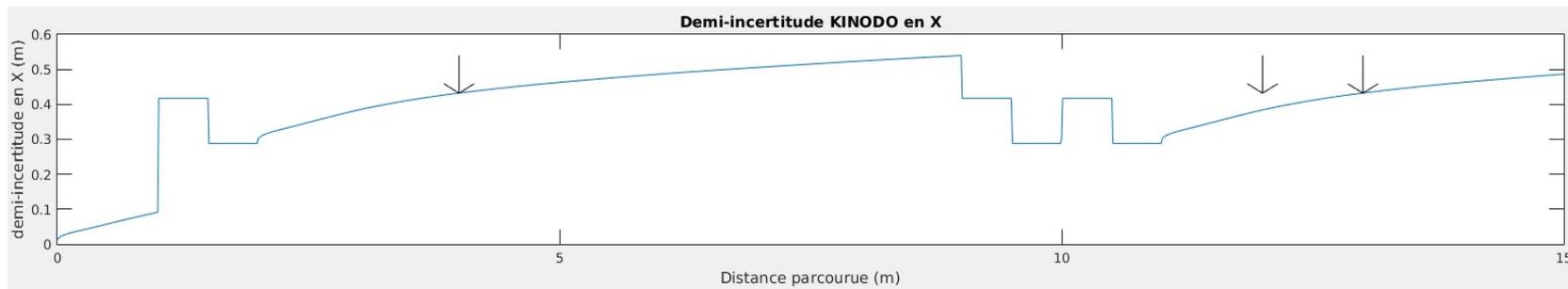
PANORAMA avec ces modèles

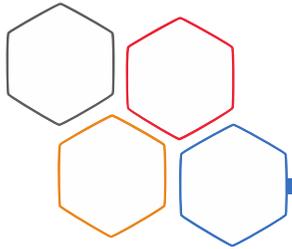
- ◆ Problème commun

Pas de garantie d'estimation à chaque instant (sauf l'odométrie)

- ◆ Solution proposée

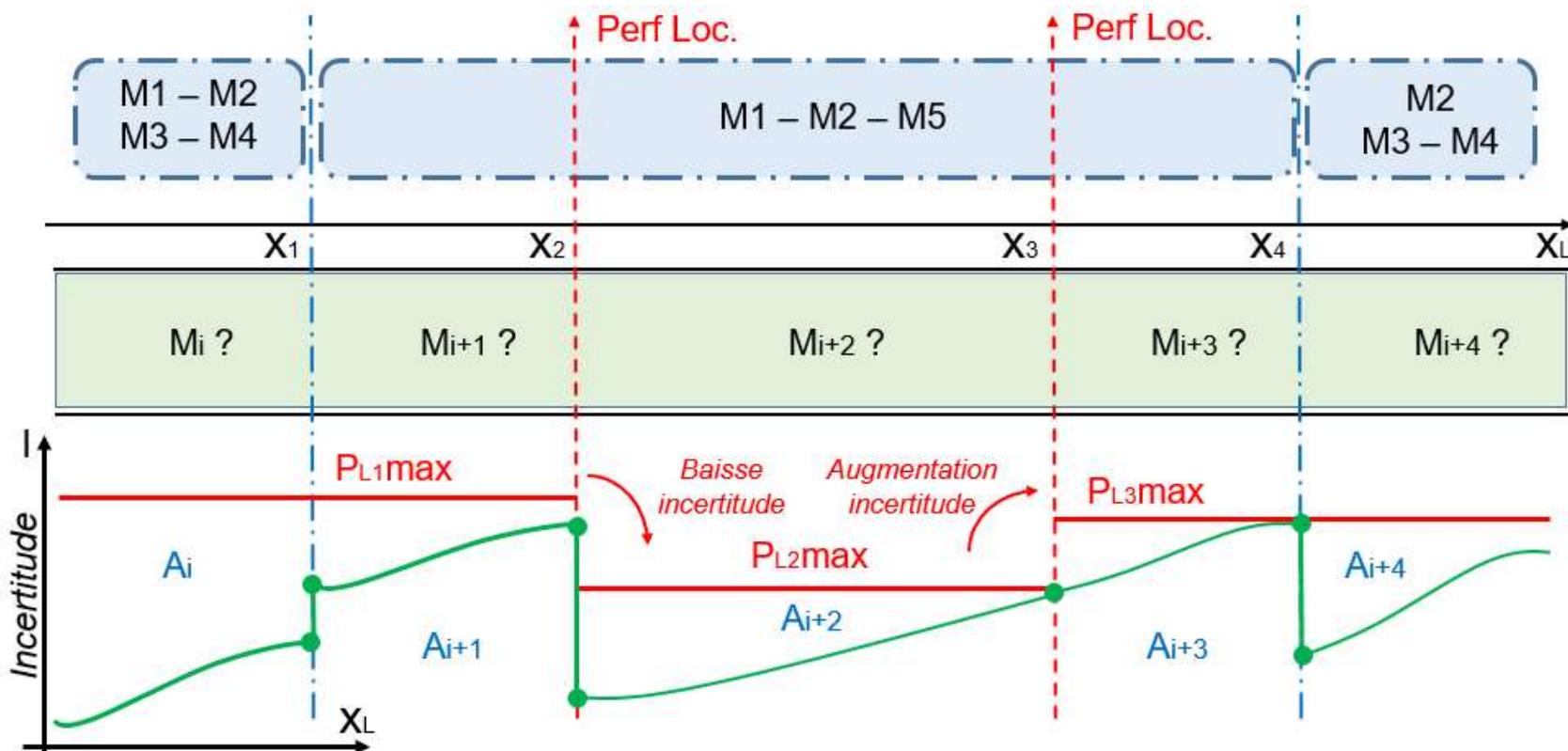
Association de méthodes avec l'odométrie

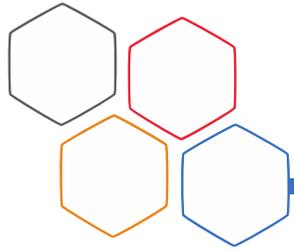




Association de méthodes

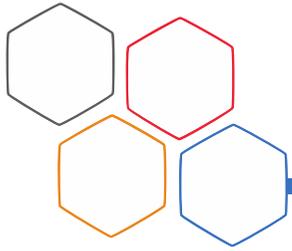
- ◆ Nouveau problème : Estimation à T_{init} ?





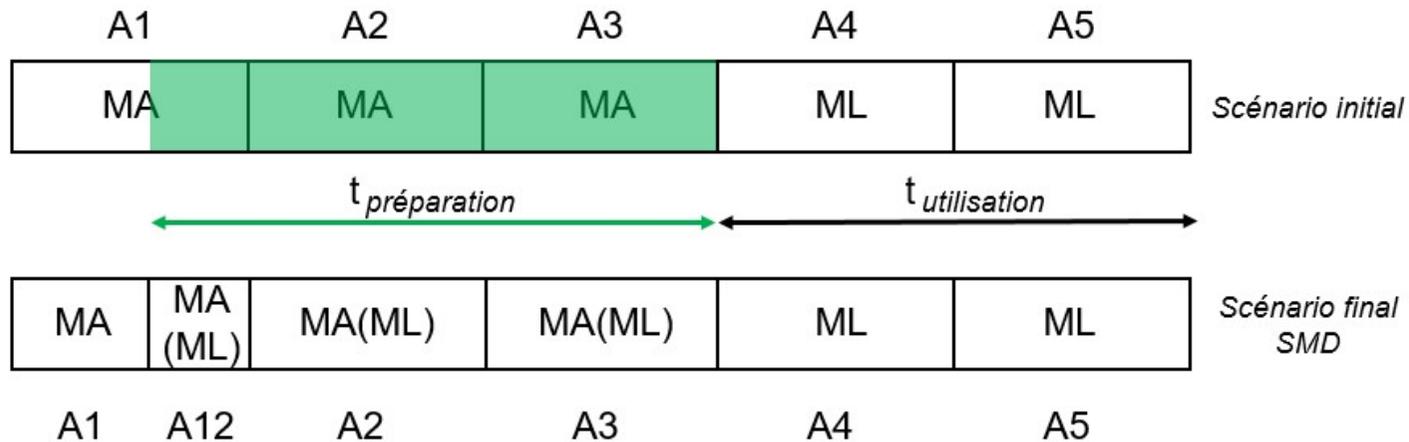
Problème d'initialisation

- ◆ Initialisation capteur
 - Allumage
 - Initialisation de communication
- ◆ Initialisation méthodes de localisation
 - Condition d'acquisition d'une estimation initiale
 - Kinect 1/2
 - Détection d'un amer
 - LZA
 - Obtention d'une estimation valide

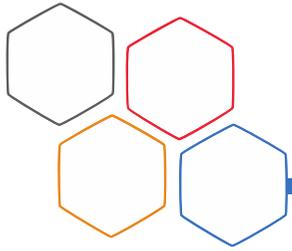


Conséquence de l'initialisation

Changement d'hypothèse

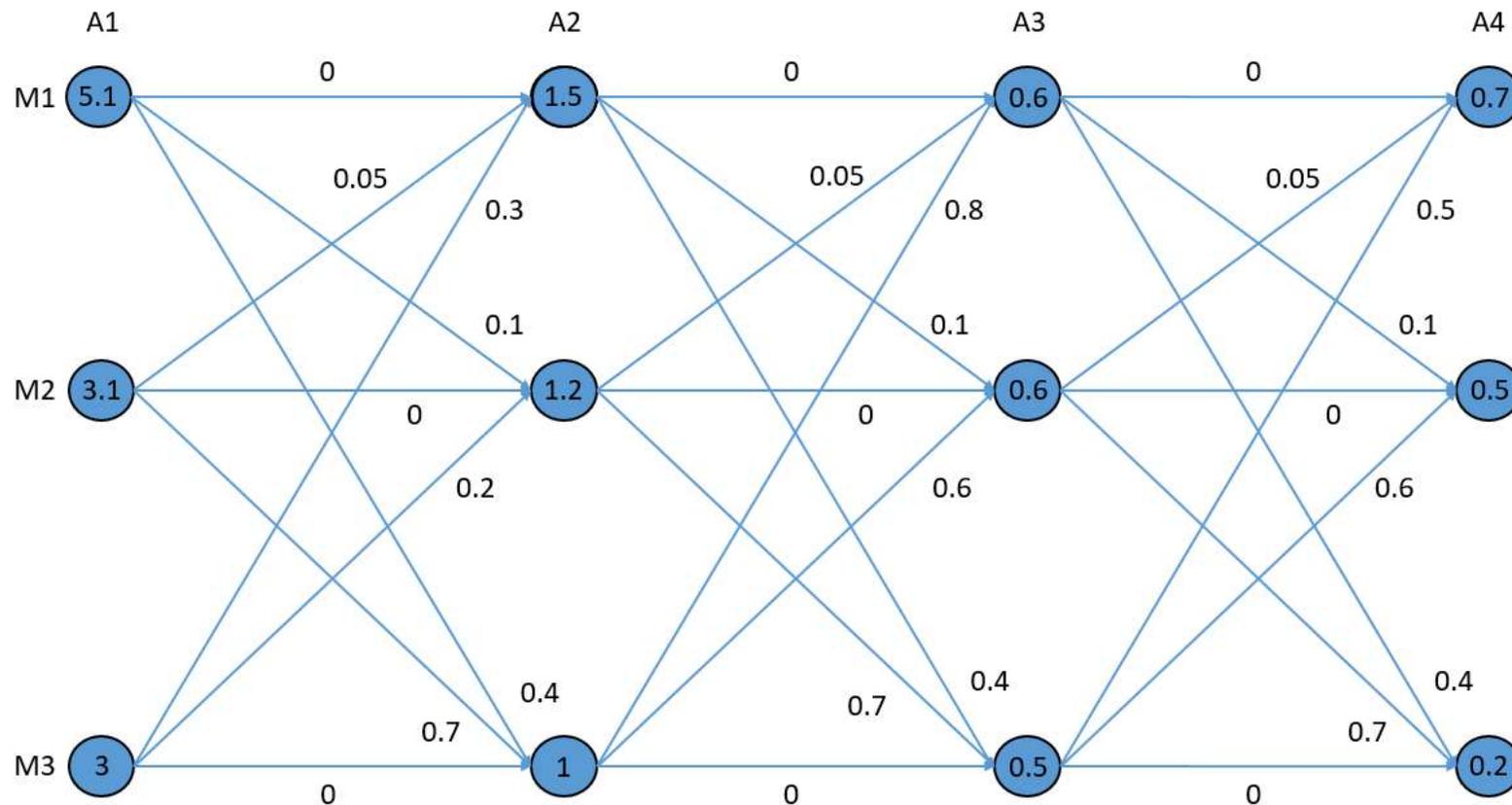


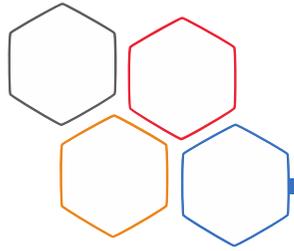
- Création de nouvelles activités
- Corrélation inter-activités : Contrairement à SED



Conséquence de l'initialisation

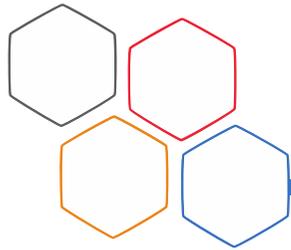
◆ Description de la mission





VITERBI

- ◆ Programmation dynamique
 - Problème isomorphe à notre description de mission
- ◆ Temps de calcul linéaire
 - Avantage pour de grands espaces d'états
- ◆ Extremum global sur un critère
 - Choix : Energie



Description de la Mission

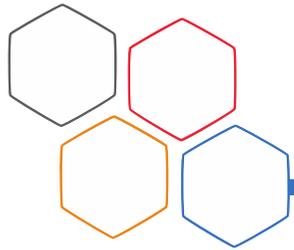
◆ Objectifs

Objectif	Description	Tâches robotiques
O1	Aller à V1	DEP / LOC
O2	S'orienter vers V1	ROT / LOC
O3	Inspecter l'état de V1	ANIM
O4	S'orienter vers le chemin	ROT / LOC
O5	Aller à V2	DEP / LOC
O6	S'orienter vers V2	ROT / LOC
O7	Inspecter l'état de V2	ANIM
O8	Se retourner	ROT / LOC
O9	Aller à D	DEP / LOC

DEP : DEPlacement – LOC : LOCalisation – ROT : ROTation – ANIM : ANalyse IMage

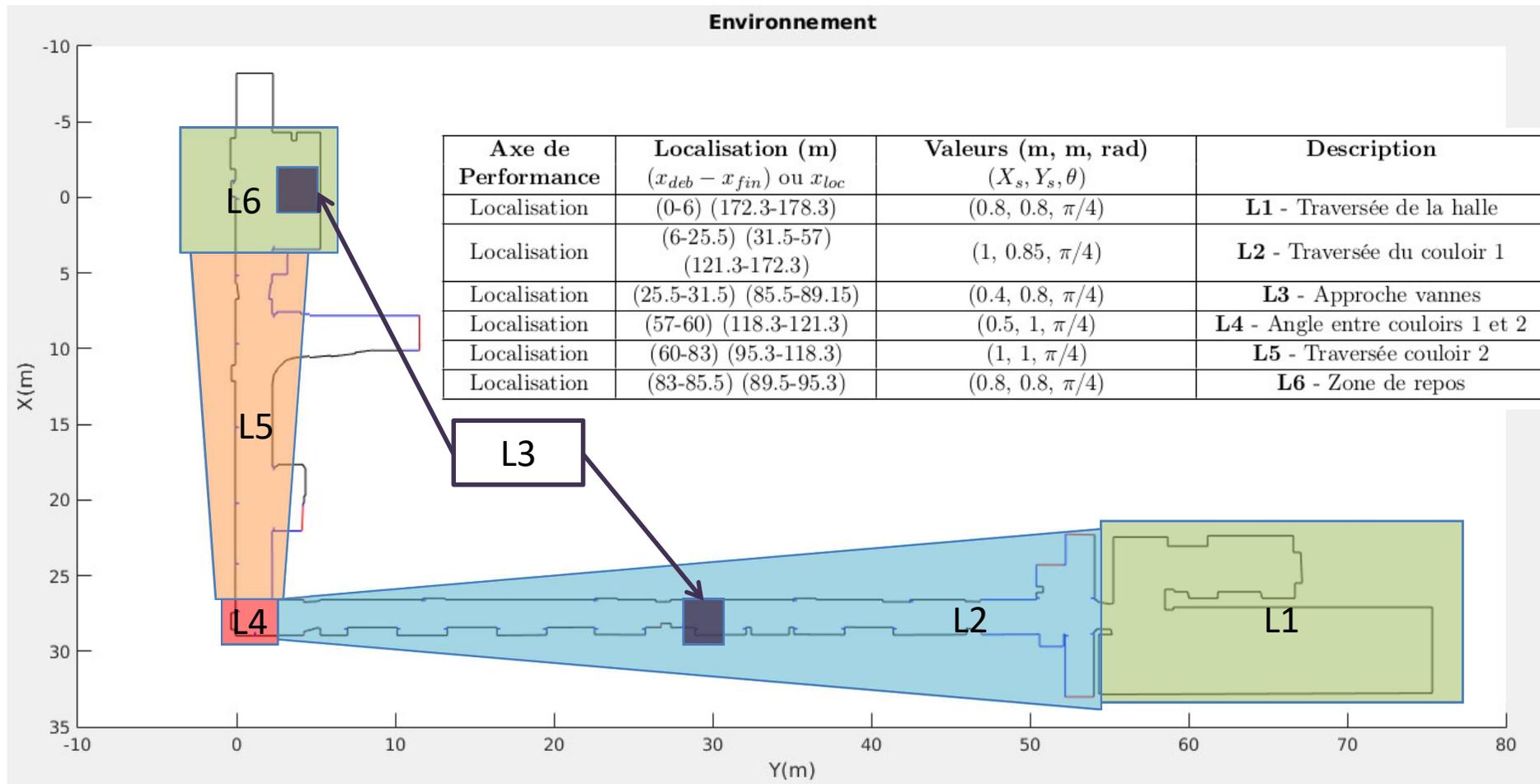
◆ Energie à disposition : 3Wh

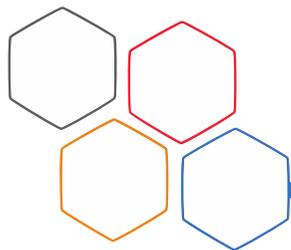
◆ Temps à disposition : 300s



Description de la mission

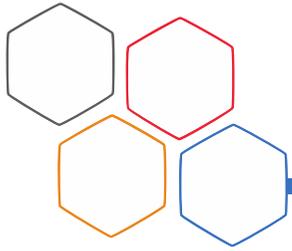
◆ Contraintes d'incertitudes de Localisation





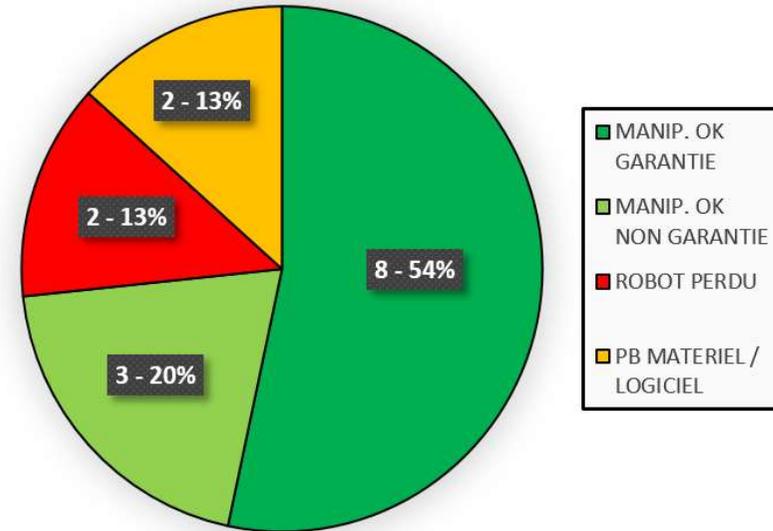
Scénario obtenu

Caractéristiques	SED	SLED
Nombre d'activités	37	45
Espace des solutions	$2.43 \cdot 10^{42}$	$2.46 \cdot 10^{51}$
Marge de temps (s)	67.22	85.8
Marge d'énergie (Wh)	0.023	0.53
Observations	Fin de mission à l'odométrie Kin2ODO utilisé partout ailleurs	Début à l'odométrie Présence d'activités très courtes.(11cm)

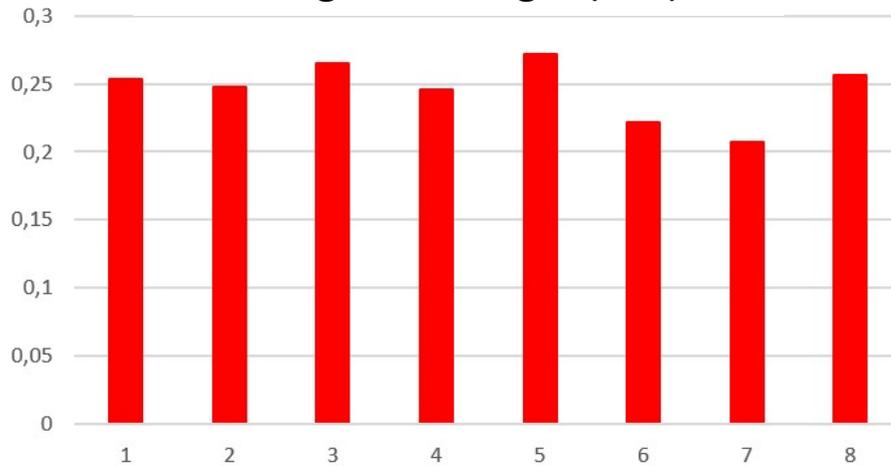


Expérimentations

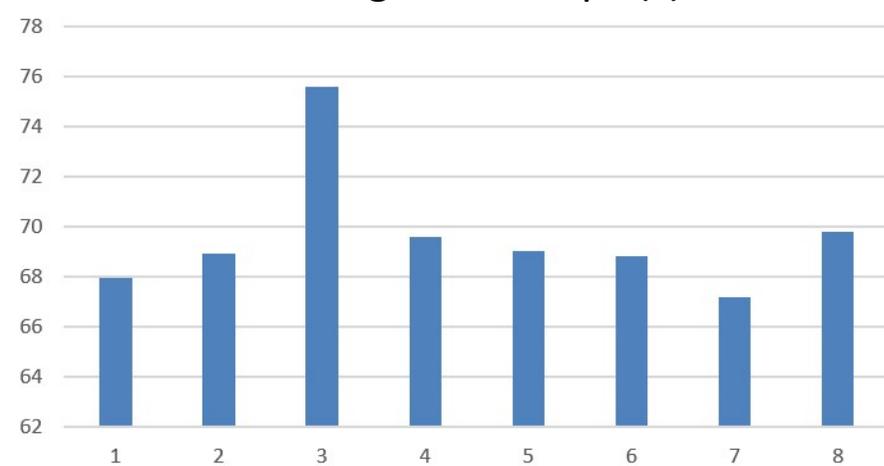
- 15 Répétition
- Problème de redondance
- Limitations des modèles

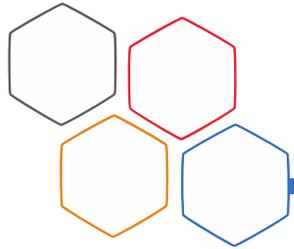


Marges d'énergie (Wh)



Marges de temps (s)

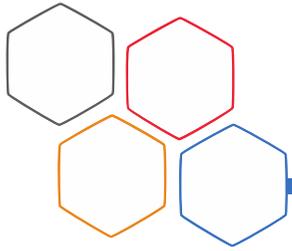




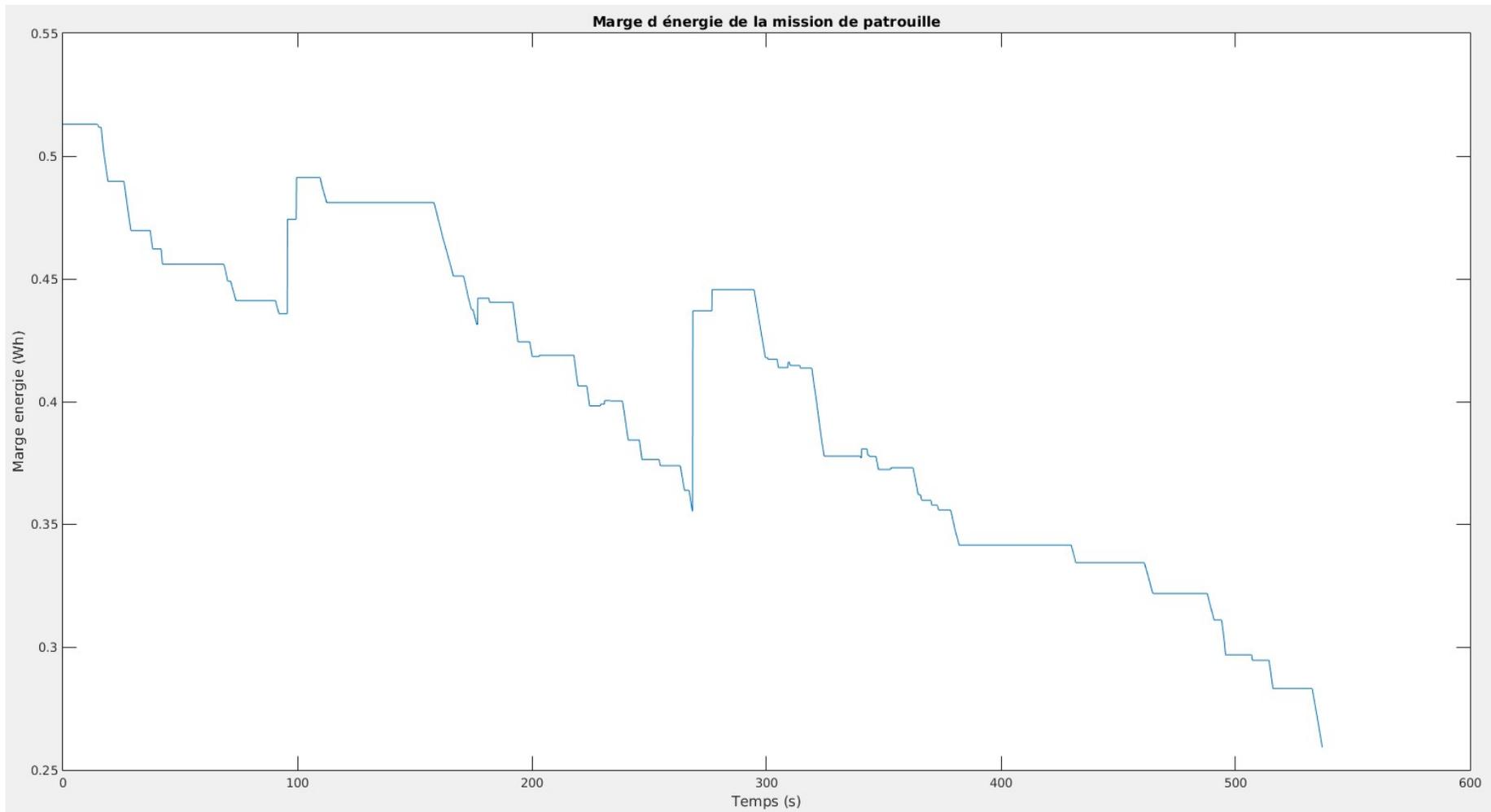
Exemple d'expérimentation

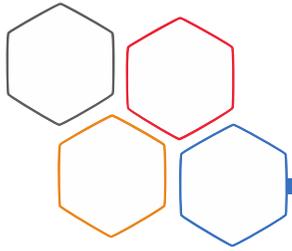
- ◆ Expérimentation

- ◆ (Animation Matlab)

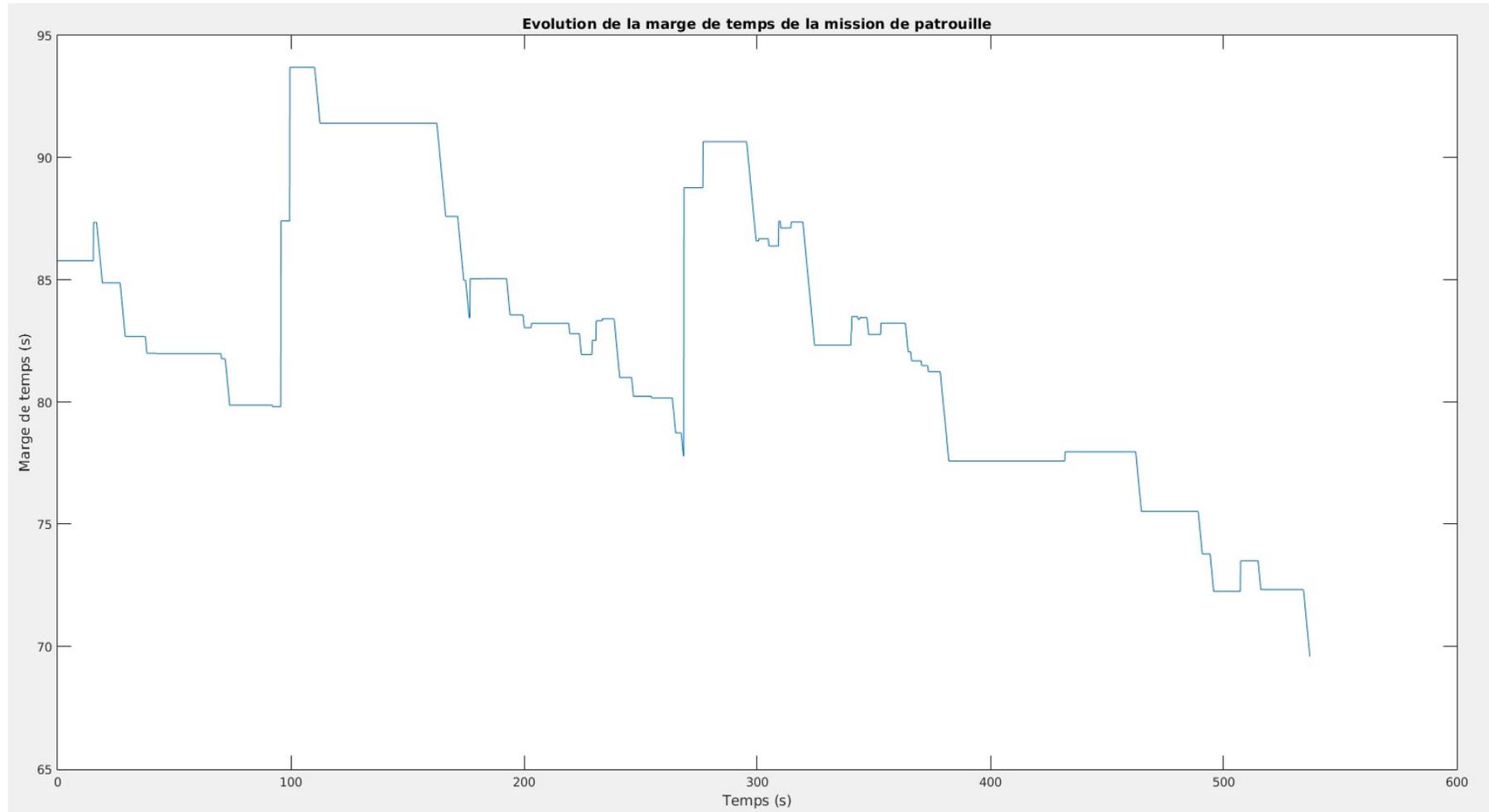


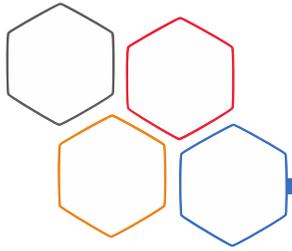
Marge d'Énergie



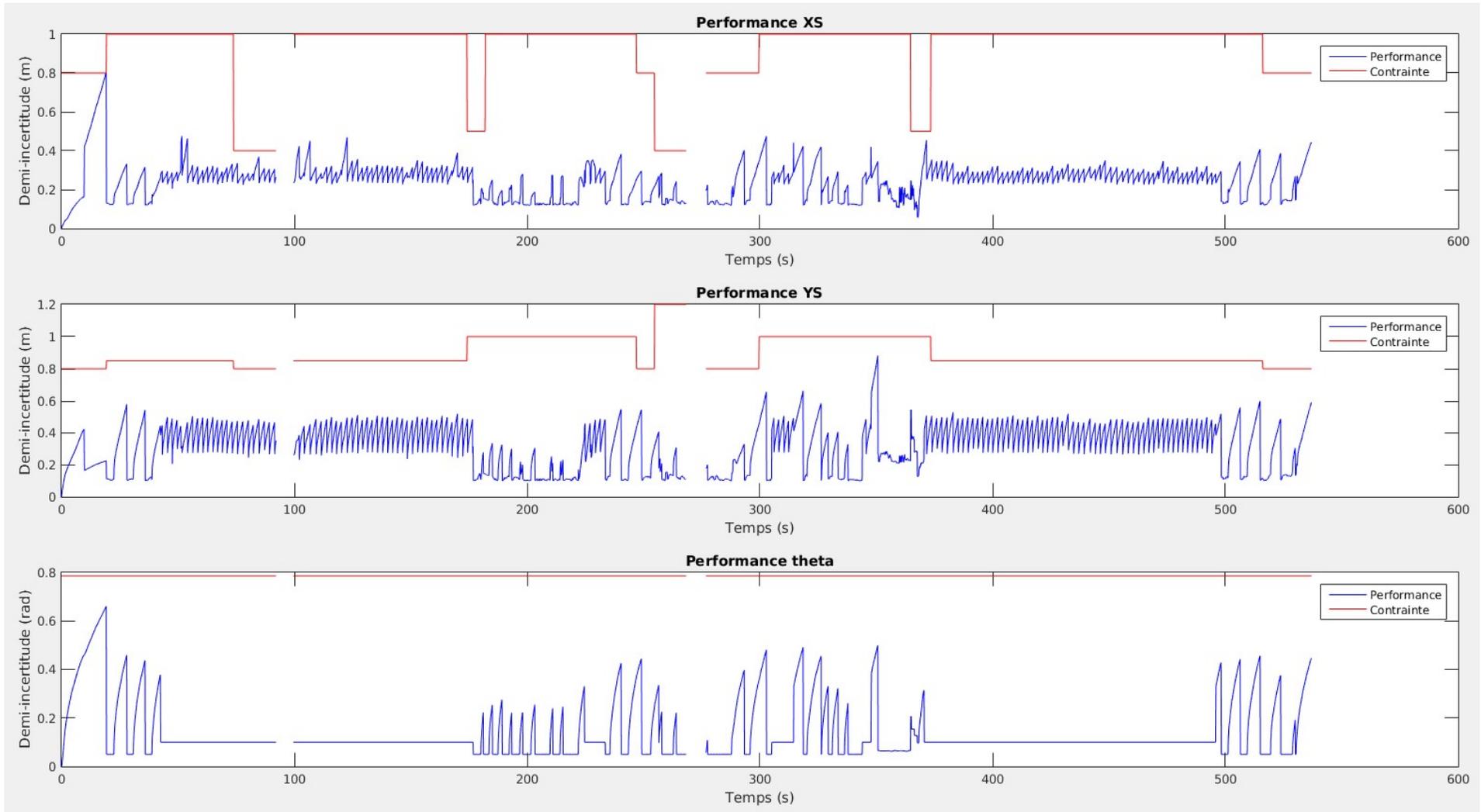


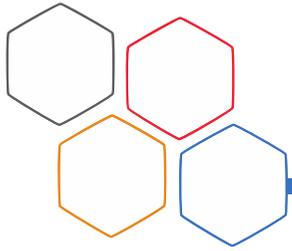
Marge de Durée



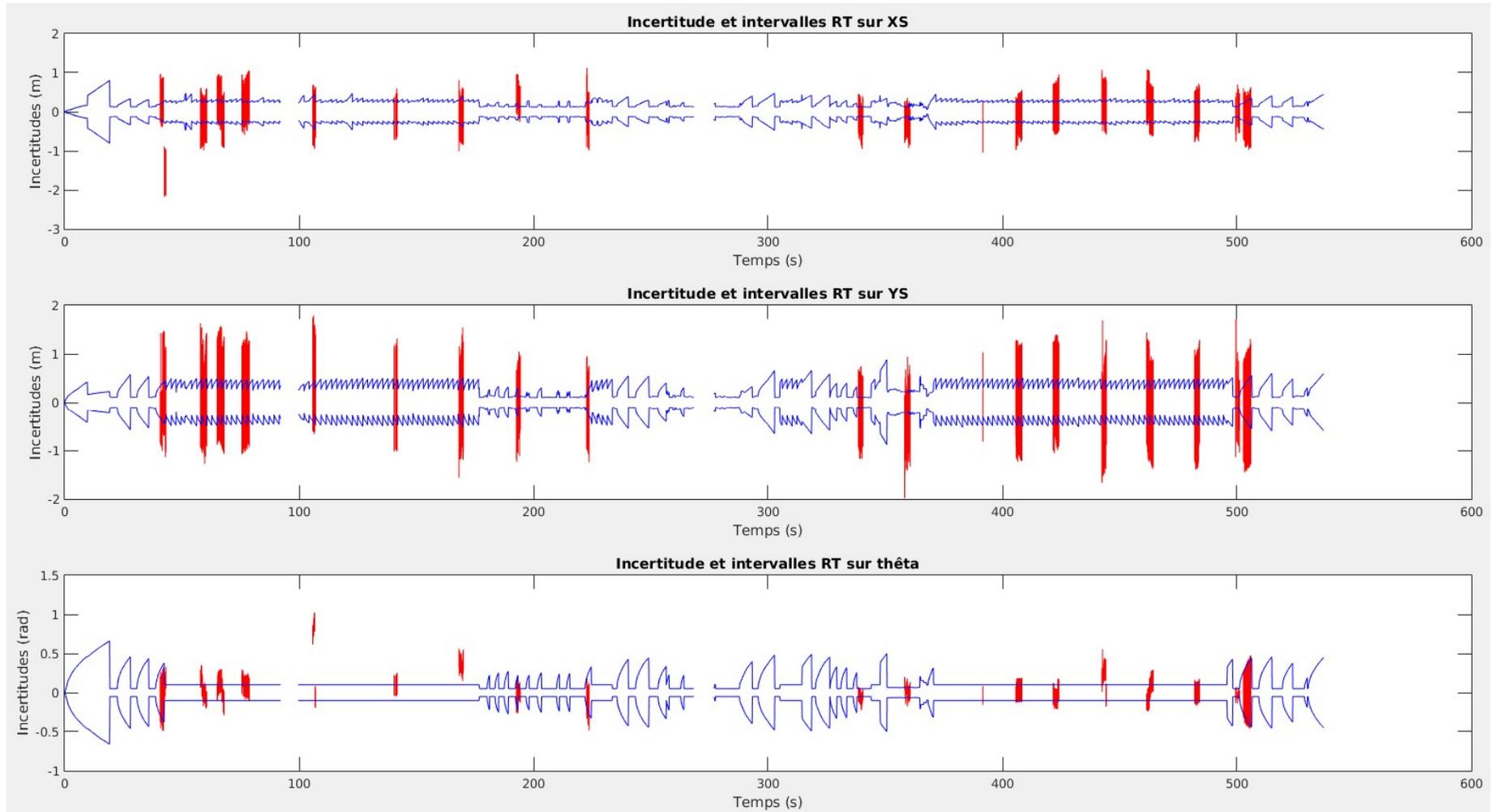


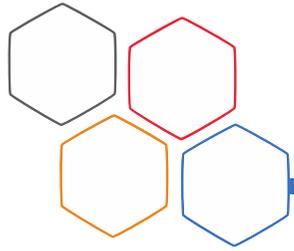
Incertitudes de Localisation





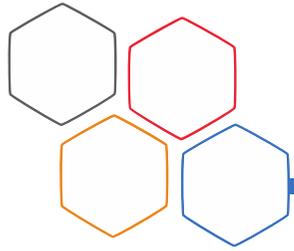
Erreurs de Localisation





Résultats remarquables

- ◆ Méthodologie d'estimation de performance de localisation générique
- ◆ Garantie d'incertitudes de localisation
- ◆ PANORAMA
 - Guidage de l'instrumentation de l'environnement
 - Maximisation de la marge d'Energie
 - Garantie SLED
 - Résultats reproductibles



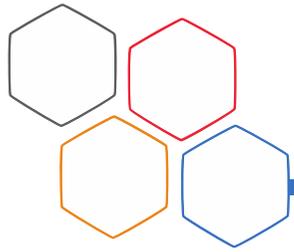
Limitations

◆ Modèle prédictif

- Mise en oeuvre lourde
- Intervalle : Surévaluation des erreurs

◆ PANORAMA

- Description métrique / incertitude
- La simplification de la trajectoire par une droite selon X_s peut poser problème



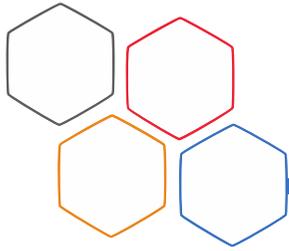
Perspectives

◆ Localisation

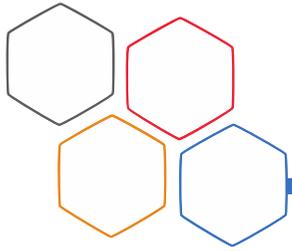
- Composition dynamique de méthode par axe

◆ PANORAMA

- Méthode générique d'allocation de ressources multi-niveaux
 - Flotille
 - Usine 4.0
- Ouverture vers l'exploration

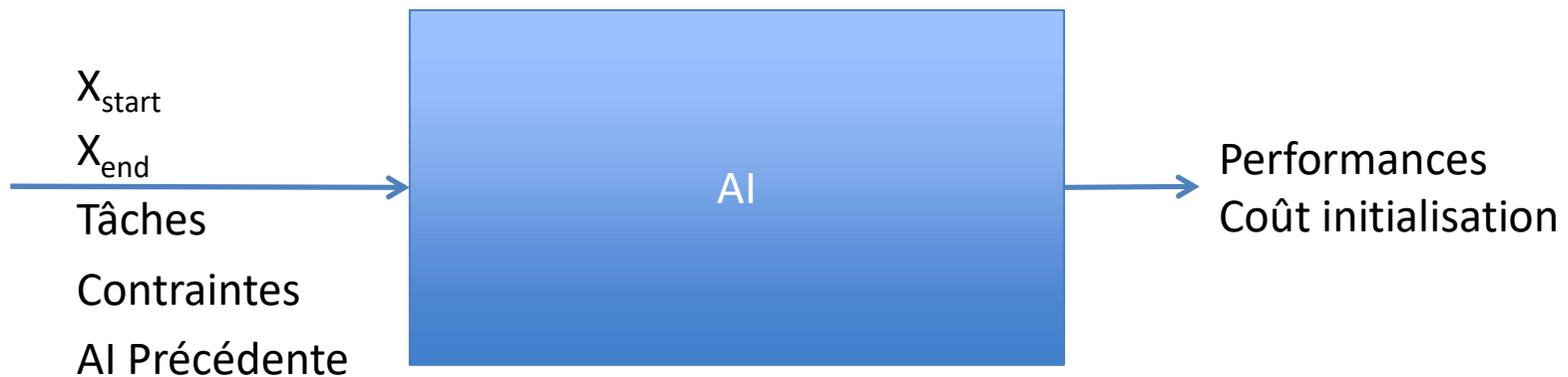


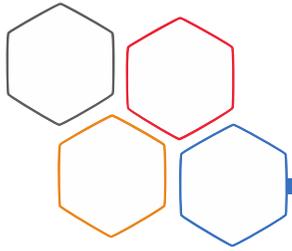
Merci de votre attention



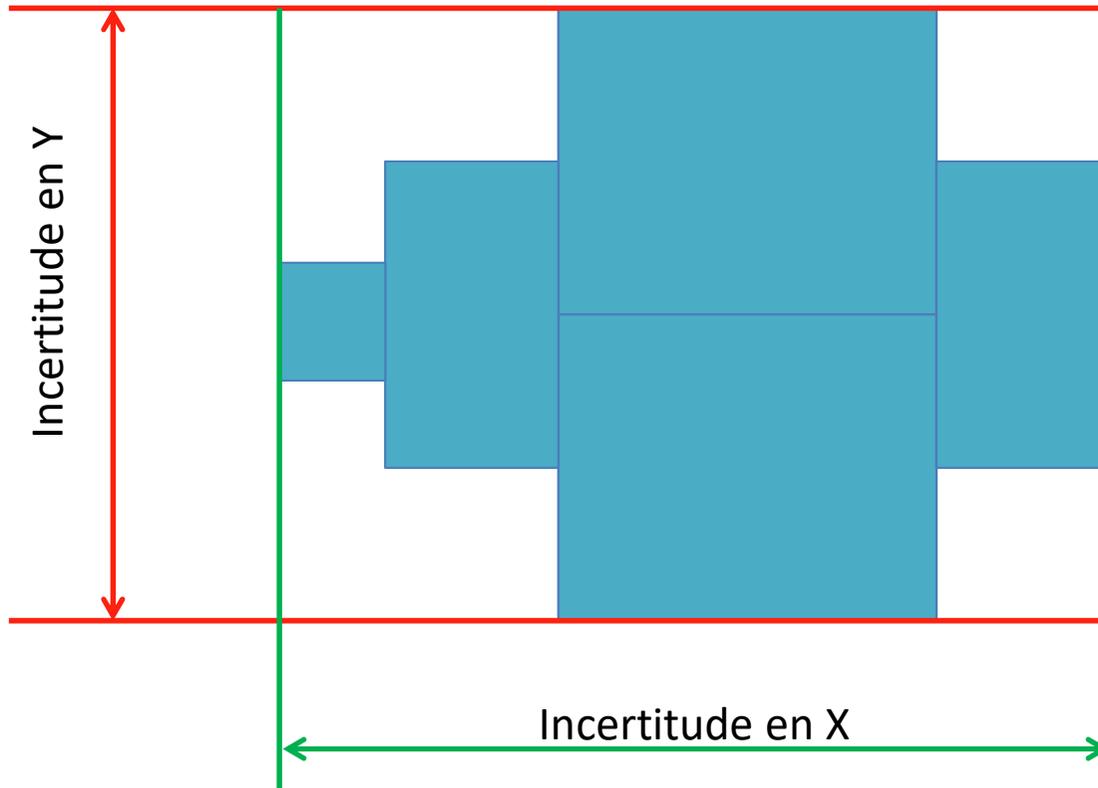
Support AI

- ◆ Alternative d'implémentation
 - Mode de fonctionnement répondant à toutes les performances demandées.

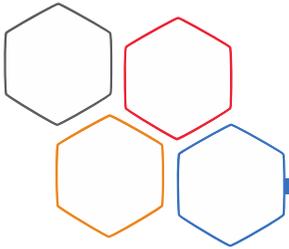




Support : Contracteurs

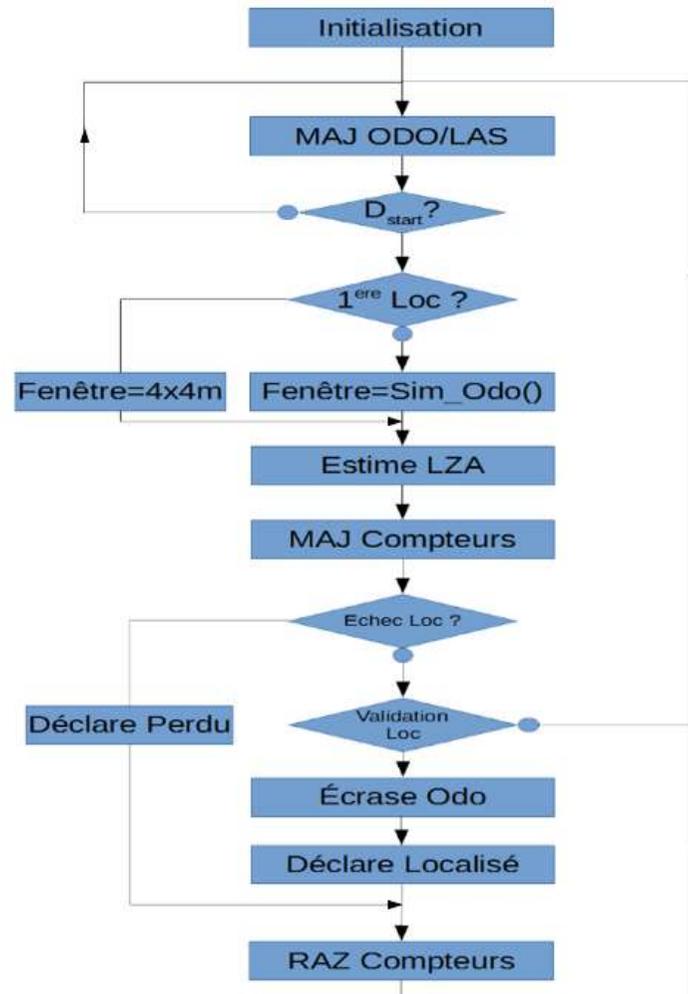


- ◆ Inutile pour incertitude suivant des axes indépendants
- ◆ Pertinent pour une approche suivant des surfaces

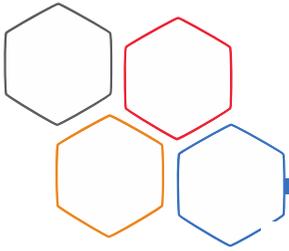


Support : Fusion LZA ODO (1)

Algorithme de fusion



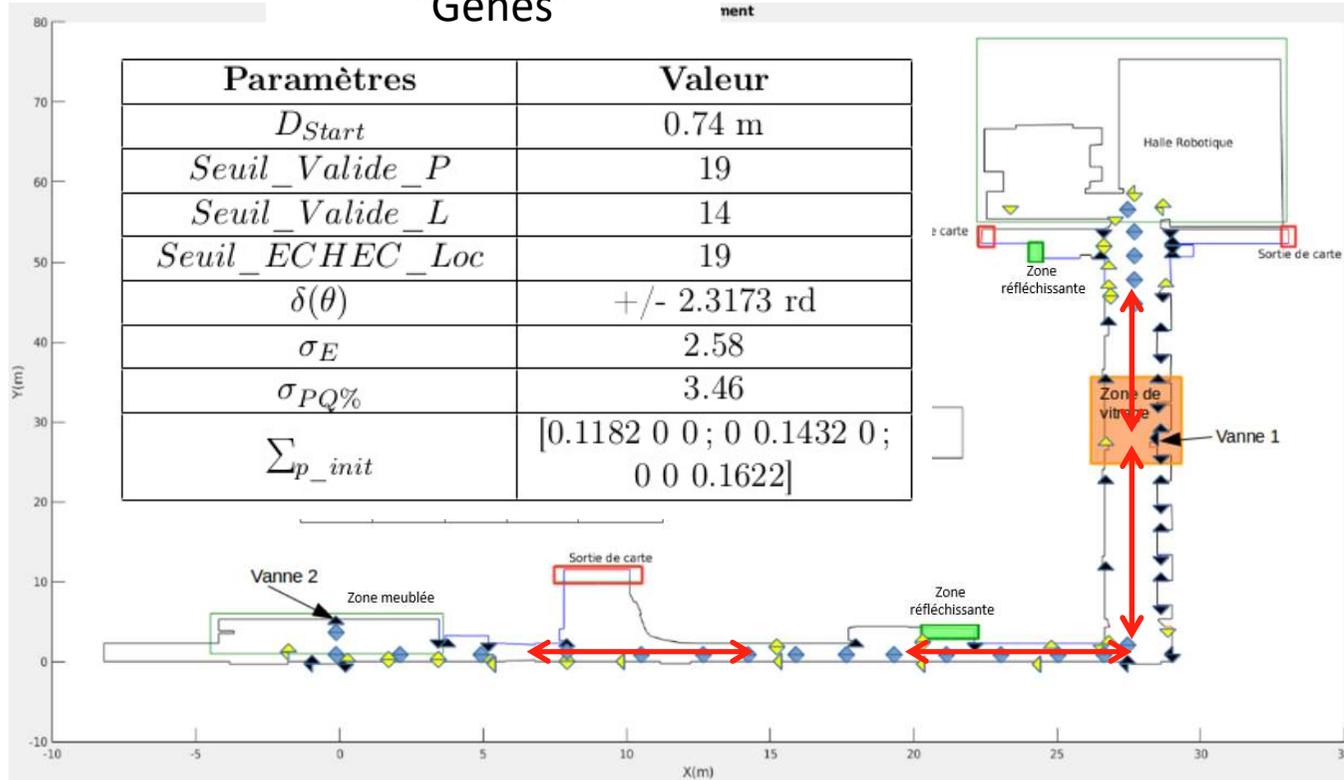
Paramètre	Valeur
D_{Start}	0.74 m
$Seuil_Valide_P$	19
$Seuil_Valide_L$	14
$Seuil_ECHEC_Loc$	19
$\delta(\theta)$	+/- 2.3173 rd
σ_E	2.58
$\sigma_{PQ\%}$	3.46
Σ_{p_init}	[0.1182 0 0; 0 0.1432 0; 0 0 0.1622]



Support : Fusion LZA ODO (2)

“Gènes”

Paramètres	Valeur
D_{Start}	0.74 m
$Seuil_Valide_P$	19
$Seuil_Valide_L$	14
$Seuil_ECHEC_Loc$	19
$\delta(\theta)$	+/- 2.3173 rd
σ_E	2.58
$\sigma_{PQ\%}$	3.46
Σp_{init}	$\begin{bmatrix} 0.1182 & 0 & 0 \\ 0 & 0.1432 & 0 \\ 0 & 0 & 0.1622 \end{bmatrix}$



10 Trajectoires
expérimentales boucle
ouverte

Population : 300
Remplacement : 50
- 34 Fusions (moyenne
pondérée aléatoire entre
deux)
- 15 aléatoires
- 1 moyenne

235 Générations

Performance de sélection :

- Pire erreur la plus faible (dérive comprise)