

# Projet de Fin d'Étude

Brandon Alves

## Réunion de mi-parcours

June 15, 2023

# Contents

- 1 Contexte
- 2 Problème & hypothèses
- 3 Stratégies de navigation
  - Stratégies
  - Stratégies de navigation grossières
    - Peinture au rouleau
    - Ski nordique
  - Investigation polygonale
  - Scénario
- 4 Évaluation
- 5 Conclusion

# Contents

- 1 Contexte
- 2 Problème & hypothèses
- 3 Stratégies de navigation
  - Stratégies
  - Stratégies de navigation grossières
    - Peinture au rouleau
    - Ski nordique
  - Investigation polygonale
  - Scénario
- 4 Évaluation
- 5 Conclusion

- Projet européen BugWright2
- Inspection de structures métalliques
- Tomographie de la zone à inspecter
- Localiser des points de corrosion

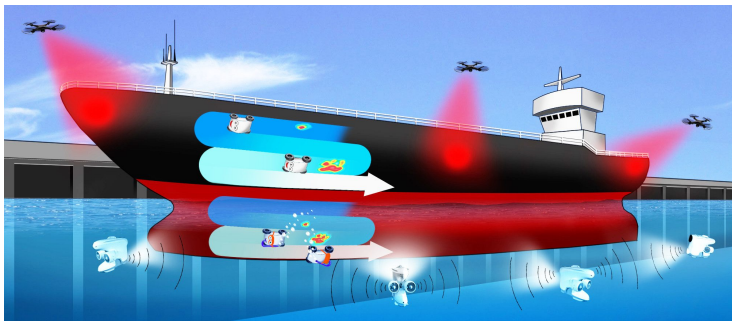


Figure: Projet BugWright2 (<https://www.bugwright2.eu/project/>)

# Contents

- 1 Contexte
- 2 Problème & hypothèses
- 3 Stratégies de navigation
  - Stratégies
  - Stratégies de navigation grossières
    - Peinture au rouleau
    - Ski nordique
  - Investigation polygonale
  - Scénario
- 4 Évaluation
- 5 Conclusion

## Problème

Définir des stratégies de navigation multi-robot pour optimiser l'acquisition de données permettant de réaliser la tomographie des structures métalliques.

## Hypothèses

- Environnement :
  - espace 2D, borné et de taille connue,
  - obstacles localisés,
  - zones de corrosion non localisées.
- Robots :
  - robots à 2 roues,
  - pose  $(x, y, \theta)$  connue,
  - coût de rotation  $cr$  et coût de translation  $ct$  connus.
  - Nombre de robots  $\geq 2$ .
- Perception :
  - Robot est émetteur ou récepteur,
  - Émission et réception omnidirectionnelle d'ondes ultrasoniques ( $UGW$ ),
  - Si puissance de signal altérée, alors détection,
  - Détection parfaite et en temps réel,
  - Distance maximale d'émission et de réception  $d_{max}$ .



## Structures de données

- Grille d'occupation :
  - inconnu,
  - vide,
  - occupé.

# Contents

- 1 Contexte
- 2 Problème & hypothèses
- 3 **Stratégies de navigation**
  - Stratégies
  - Stratégies de navigation grossières
    - Peinture au rouleau
    - Ski nordique
  - Investigation polygonale
  - Scénario
- 4 Évaluation
- 5 Conclusion

# Contents

- 1 Contexte
- 2 Problème & hypothèses
- 3 Stratégies de navigation
  - Stratégies
  - Stratégies de navigation grossières
    - Peinture au rouleau
    - Ski nordique
  - Investigation polygonale
  - Scénario
- 4 Évaluation
- 5 Conclusion

## Stratégies de navigation

- Stratégies de navigation grossières,
- Investigation polygonale.

## Hypothèse

- Formes convexes.

# Contents

- 1 Contexte
- 2 Problème & hypothèses
- 3 Stratégies de navigation
  - Stratégies
  - Stratégies de navigation grossières
    - Peinture au rouleau
    - Ski nordique
  - Investigation polygonale
  - Scénario
- 4 Évaluation
- 5 Conclusion

# Contents

- 1 Contexte
- 2 Problème & hypothèses
- 3 Stratégies de navigation
  - Stratégies
  - Stratégies de navigation grossières
    - Peinture au rouleau
    - Ski nordique
  - Investigation polygonale
  - Scénario
- 4 Évaluation
- 5 Conclusion

# Stratégies de navigation grossières

## Peinture au rouleau

### Description

- Nombre de robots  $\geq 2$ ,
- Chaque robot se déplace en ligne droite,
- Les robots se déplacent en parallèle,
- Les robots se synchronisent régulièrement.

# Stratégies de navigation grossières

## Peinture au rouleau

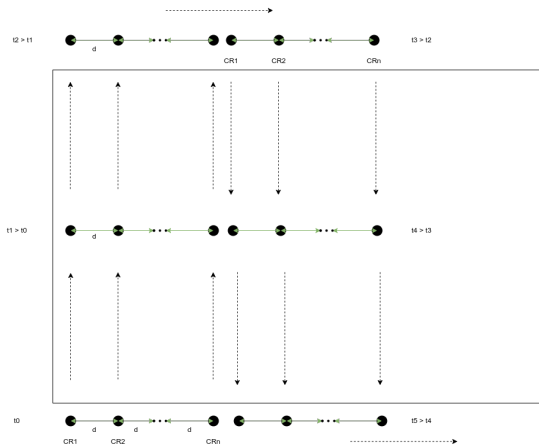


Figure: Peinture au rouleau - passe verticale



# Stratégies de navigation grossières

## Peinture au rouleau

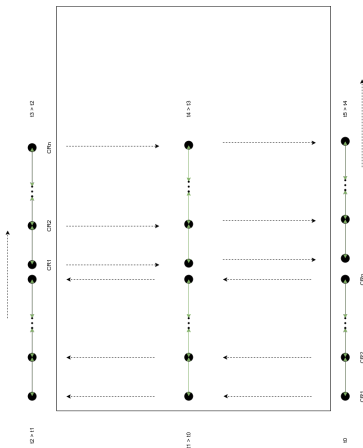


Figure: Peinture au rouleau - passe horizontale

# Stratégies de navigation grossières

## Peinture au rouleau

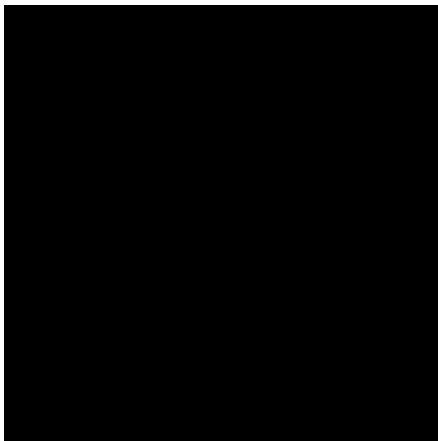


Figure: Peinture au rouleau,  $d=4.0$ ,  $o=0.1$ ,  $v=0.3$

# Stratégies de navigation grossières

## Peinture au rouleau

### Avantages

- Simple à mettre en oeuvre,
- Peut être utilisé pour des zones de tailles importantes,
- Rapide.

### Inconvénients

- Enveloppe rectangulaire,
- Peu précis,
- Zones fantômes.

# Contents

- 1 Contexte
- 2 Problème & hypothèses
- 3 Stratégies de navigation
  - Stratégies
  - Stratégies de navigation grossières
    - Peinture au rouleau
    - Ski nordique
  - Investigation polygonale
  - Scénario
- 4 Évaluation
- 5 Conclusion

# Stratégies de navigation grossières

## Ski nordique

### Description

- Nombre de robots  $\geq 2$ ,
- Chaque robot se déplace en ligne droite,
- La trajectoire des robots est parallèle,
- Les robots se déplacent de manière asynchrone.

# Stratégies de navigation grossières

## Ski nordique

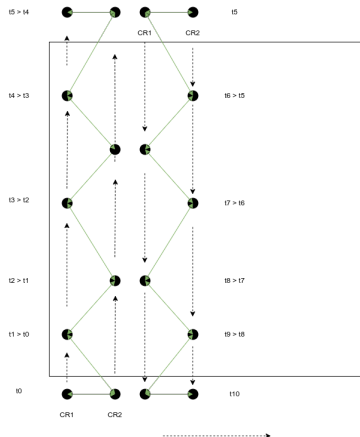


Figure: Ski nordique - passe verticale

# Stratégies de navigation grossières

## Ski nordique

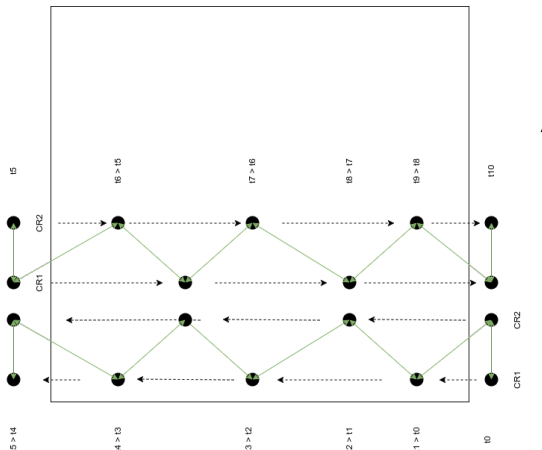


Figure: Ski Nordique - passe horizontale

### Avantages comparé à peinture au rouleau

- Enveloppe d'un polygone convexe à 4 côtés,
- Peut être utilisé pour des zones de tailles importantes,
- Plus précis que la peinture au rouleau.

### Inconvénients comparé à peinture au rouleau

- Moins simple à mettre en oeuvre,
- Plus lent que la peinture au rouleau,
- Zones fantômes.



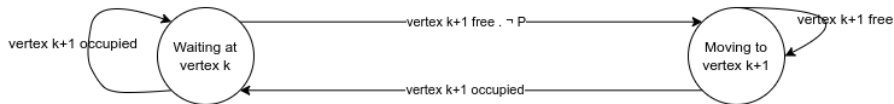
# Contents

- 1 Contexte
- 2 Problème & hypothèses
- 3 Stratégies de navigation
  - Stratégies
  - Stratégies de navigation grossières
    - Peinture au rouleau
    - Ski nordique
  - Investigation polygonale
  - Scénario
- 4 Évaluation
- 5 Conclusion

## Description

- $k \geq 1$  équipes de  $n \geq 2$  robots,
- Les robots d'une même équipe se placent sur des sommets consécutifs d'un polygone convexe,
- Les robots se déplacent l'un après l'autre.

# Investigation polygonale



$P$  = True if one robot is already moving, in other words, if  $\exists k \mid k-1 \text{ free} \ \& \ k \text{ occupied} \ \& \ k+1 \text{ free}$   
 $P$  = False otherwise

Figure: Automate à états finis pour un robot lors d'une investigation polygonale

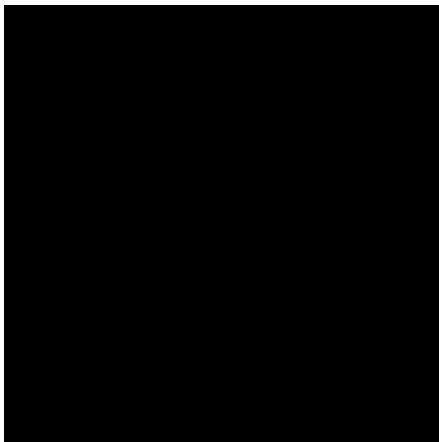


Figure: Peinture au rouleau,  $d=4.0$ ,  $o=0.1$ ,  $v=0.3$

## Avantages

- Niveau de précision variable de l'enveloppe convexe de la zone de corrosion (proportionnellement au nombre de sommet du polygone)
- Efficace pour des zones de petites tailles,
- Permet de rapidement éliminer les zones fantômes.

## Inconvénients

- Lent (proportionnellement au nombre de sommet du polygone, inversement proportionnel au nombre de robots),

# Contents

- 1 Contexte
- 2 Problème & hypothèses
- 3 Stratégies de navigation
  - Stratégies
  - Stratégies de navigation grossières
    - Peinture au rouleau
    - Ski nordique
  - Investigation polygonale
  - Scénario
- 4 Évaluation
- 5 Conclusion

- 1 Peinture au rouleau
- 2 Extraction des zones de corrosion
- 3 Calcul des centroides et des polygones
- 4 Resolution du mTSP connectant les centroides
- 5 Investigation polygonale

# Contents

- 1 Contexte
- 2 Problème & hypothèses
- 3 Stratégies de navigation
  - Stratégies
  - Stratégies de navigation grossières
    - Peinture au rouleau
    - Ski nordique
  - Investigation polygonale
  - Scénario
- 4 Évaluation
- 5 Conclusion



# Métrique de performance

Kappa de Cohen:

$$\kappa = \frac{p_o - p_e}{1 - p_e}$$

avec :

- $p_o$  : précision observée,
- $p_e$  : précision aléatoire,
- $\kappa$  : mesure une classification binaire, en la comparant à une classification aléatoire.

$\kappa$	Interprétation
$< 0$	Désaccord
0.00 – 0.20	Accord très faible
0.21 – 0.40	Accord faible
0.41 – 0.60	Accord modéré
0.61 – 0.80	Accord fort
0.81 – 1.00	Accord presque parfait

**Table:** Interprétation du  $\kappa$  de Cohen selon Landis et Koch

# Résultats

## Peinture au rouleau



Figure: Peinture au rouleau,  $d = 2.0\text{m}$ ,  $\sigma = 0.1\text{m}$ ,  $v = 0.2\text{m/s}$

Score :  $\kappa = 0.63$ , Temps :  $t = 9\text{min}4\text{sec}$

# Résultats

## Peinture au rouleau

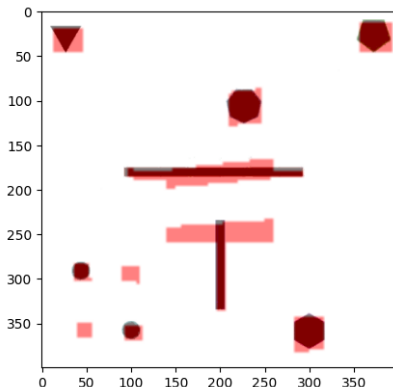


Figure: Résultat peinture au rouleau,  $d = 2.0\text{m}$ ,  $o = 0.1\text{m}$ ,  $v = 0.2\text{m/s}$

Score :  $\kappa = 0.63$ , Temps :  $t = 9\text{min}4\text{sec}$

# Résultats

## Investigation polygonale



Figure: Investigation polygonale,  $p = 4$ ,  $n = 2$

Score :  $\kappa = 0.66$

# Résultats

## Peinture au rouleau

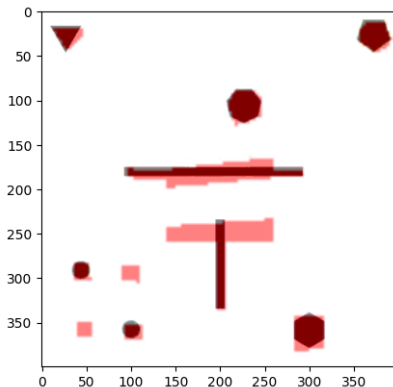


Figure: Résultat peinture au rouleau,  $d = 2.0\text{m}$ ,  $o = 0.1\text{m}$ ,  $v = 0.2\text{m/s}$

Score :  $\kappa = 0.63$

# Contents

- 1 Contexte
- 2 Problème & hypothèses
- 3 Stratégies de navigation
  - Stratégies
  - Stratégies de navigation grossières
    - Peinture au rouleau
    - Ski nordique
  - Investigation polygonale
  - Scénario
- 4 Évaluation
- 5 Conclusion

# Conclusion