

CHALLENGE INTELLIGENCE RÉPARTIE AID-CIEDS PRÉSENTATION FINALE

Fabien GIRARD

Louis MAURIN

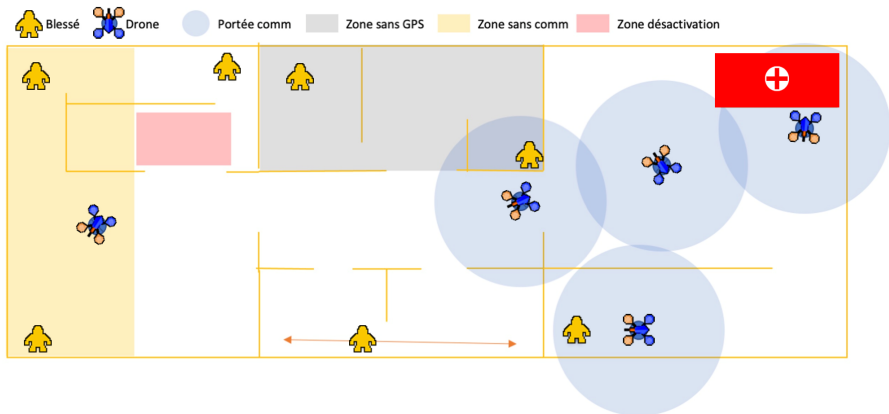
Armand WAYOFF

Équipe 16 – ENSTA Paris

École Polytechnique, 9 mars 2023

- 1 Introduction
- 2 Cas d'un drone seul
- 3 Cas d'une flotte de drones
- 4 Réalisme & Applicabilité de nos solutions
- 5 Conclusion

Introduction



Source : <https://emmanuel-battesti.github.io/swarm-rescue-website/assets/images/scenario.jpg>

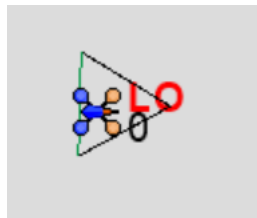
Le but de la mission est d'**explorer** une zone inconnue, difficile d'accès et potentiellement dangereuse, de **rechercher des personnes** et de **les guider hors de la zone**.

Introduction

Caractéristiques des drones

Chaque drone est équipé :

- 1 d'un **capteur GPS**

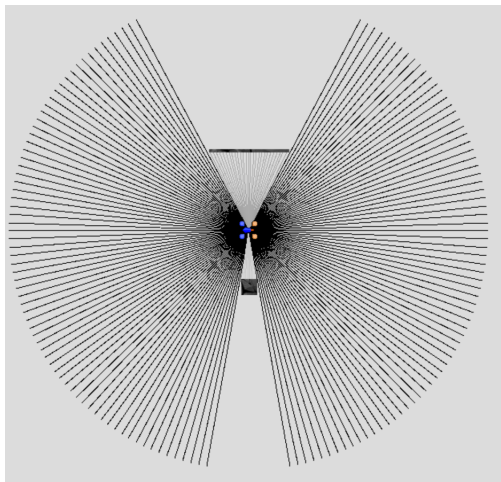


Introduction

Caractéristiques des drones

Chaque drone est équipé :

- 1 d'un **capteur GPS**
- 2 d'un **LIDAR**

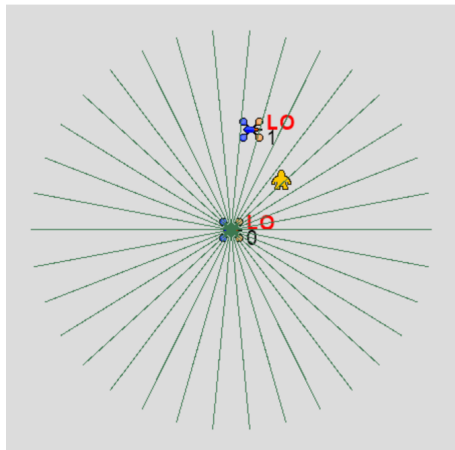
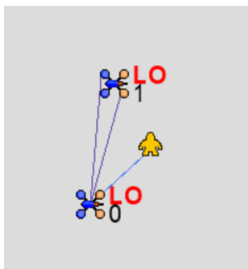


Introduction

Caractéristiques des drones

Chaque drone est équipé :

- 1 d'un **capteur GPS**
- 2 d'un **LIDAR**
- 3 d'un **capteur sémantique**



Chaque drone est équipé :

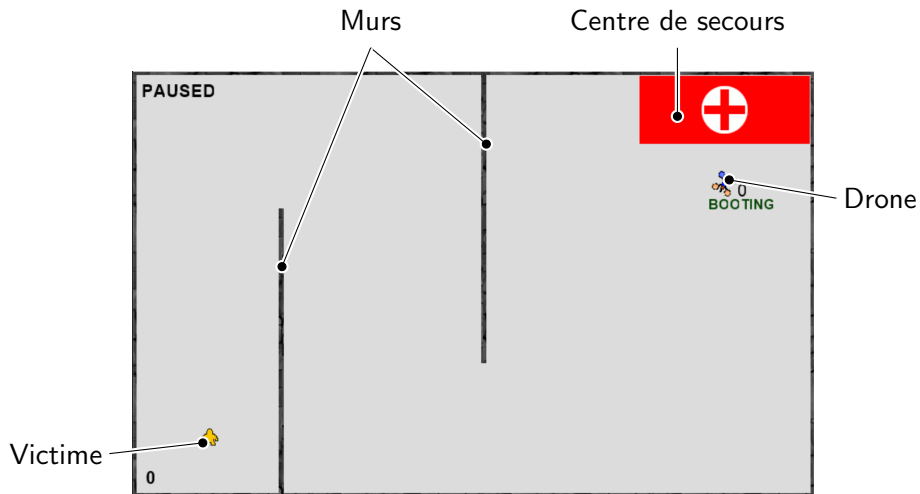
- ① d'un **capteur GPS**
- ② d'un **LIDAR**
- ③ d'un **capteur sémantique**
- ④ d'un **capteur d'odométrie**
- ⑤ d'un **système de communication** (avec les autres drones)

Il peut aussi :

- ① **se déplacer** et **tourner**
- ② **attraper** (guider) une victime

Cas d'un drone seul

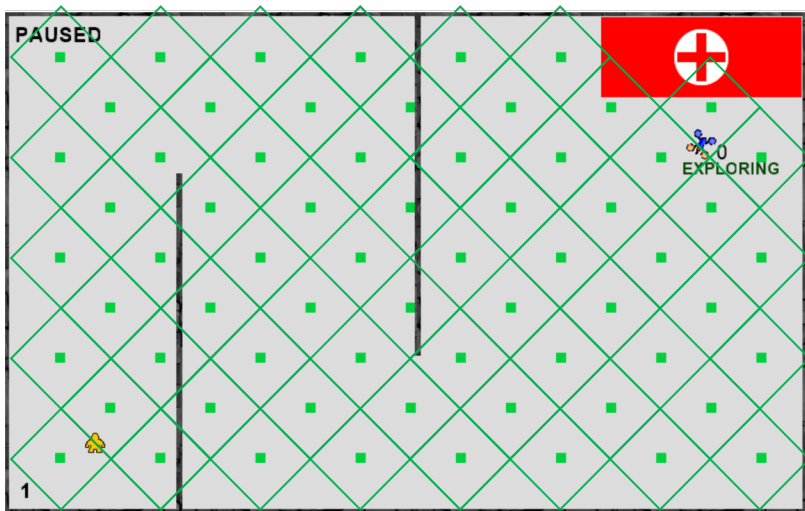
Illustration – Scénario



Cas d'un drone seul

Stratégie

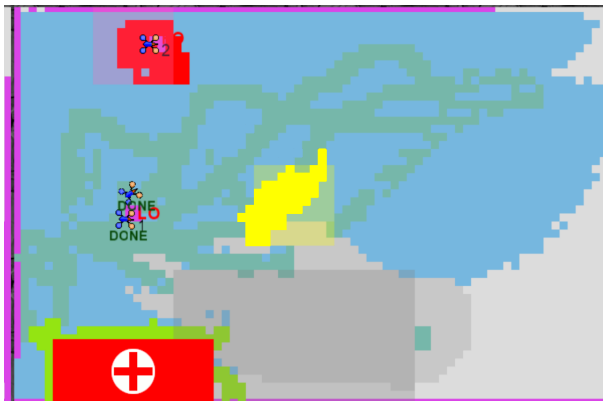
Diviser la carte en plusieurs zones à explorer.



Cas d'un drone seul

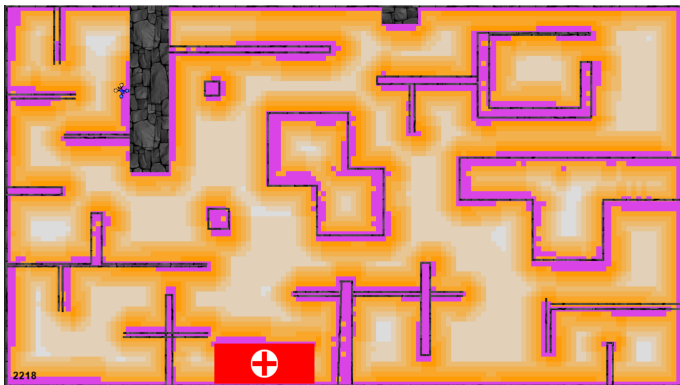
Cartographie

Discrétisation de la carte en cellules carrées auxquelles une valeur est attribuée selon qu'elles correspondent à l'entité



Cas d'un drone seul

Cartographie – Exemple de cartographie complète d'une carte

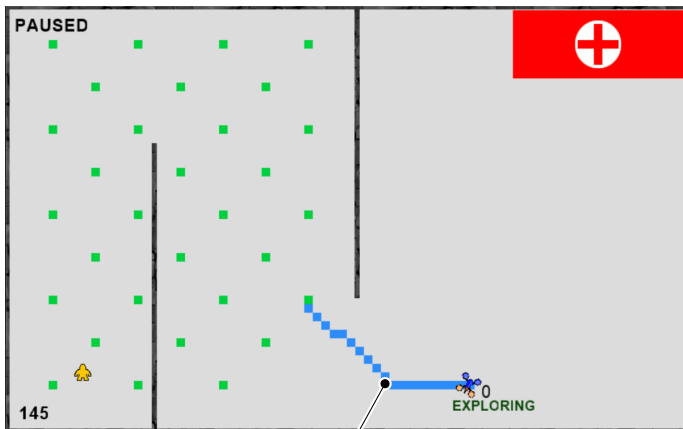


- Les cases violettes correspondent à l'emplacement des **obstacles détectés** par le drone.
- Le gradient orange représente les **cases à éviter** par le drone.

Cas d'un drone seul

Stratégie

Utiliser un **algorithme de recherche de chemin** pour déplacer le drone de zone en zone.

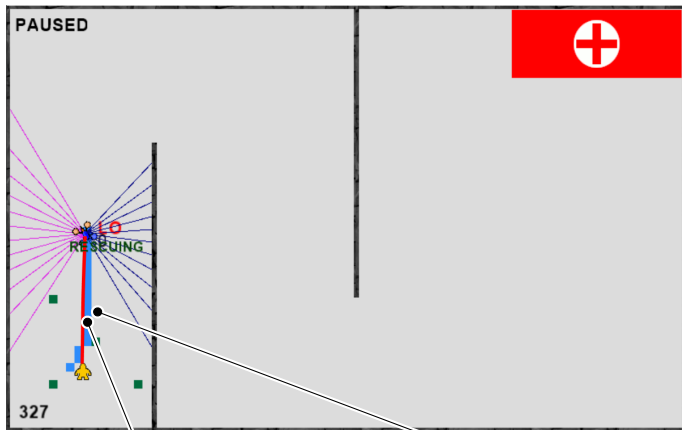


Chemin vers la prochaine zone

Cas d'un drone seul

Stratégie

Lorsqu'**une victime est détectée**, le drone la ramène au centre de secours le plus proche.



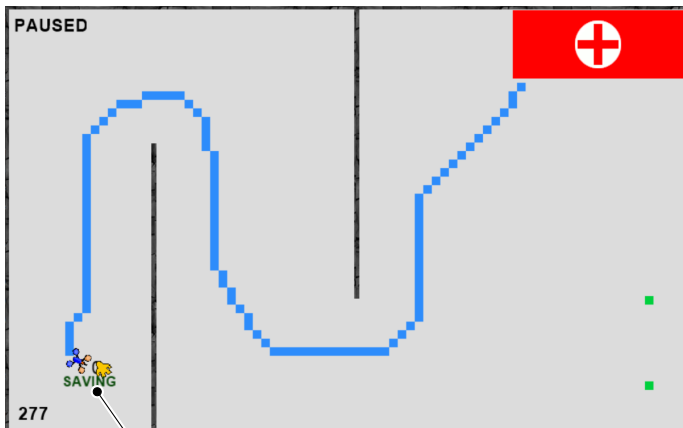
Victime détectée

Recherche de chemin

Cas d'un drone seul

Stratégie

Lorsqu'**une victime est détectée**, le drone la ramène au centre de secours le plus proche.

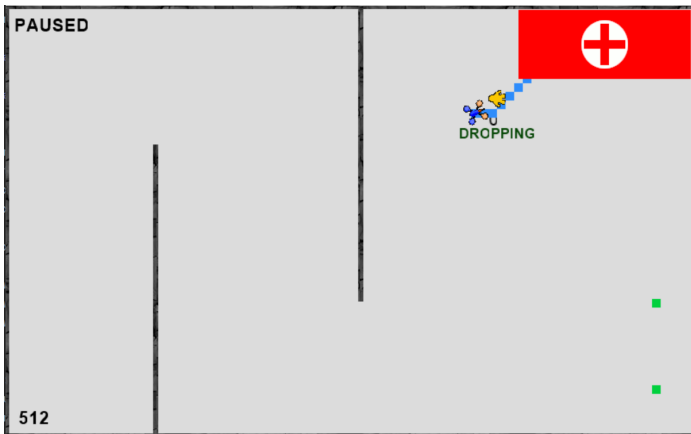


Victime attrapée

Cas d'un drone seul

Stratégie

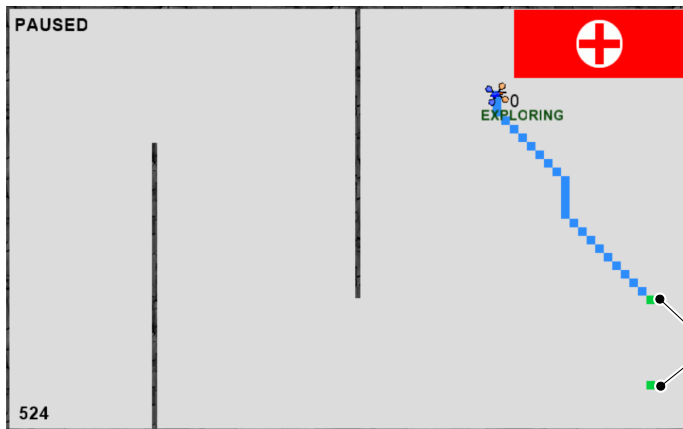
Lorsqu'**une victime est détectée**, le drone la ramène au centre de secours le plus proche.



Cas d'un drone seul

Stratégie

Le drone **continue son exploration** jusqu'à ce que toutes les zones aient été visitées.

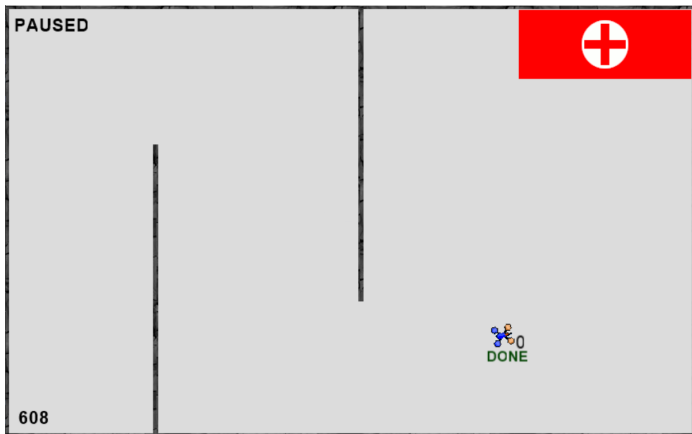


Zones qu'il
reste à explorer

Cas d'un drone seul

Stratégie

Le drone **continue son exploration** jusqu'à ce que toutes les zones aient été visitées.



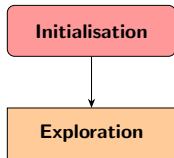
Cas d'un drone seul

Algorithme comportemental du drone

Initialisation

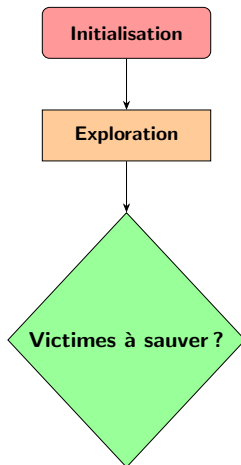
Cas d'un drone seul

Algorithme comportemental du drone



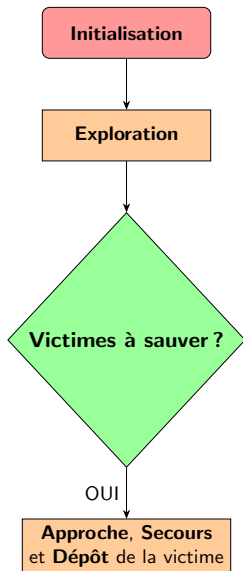
Cas d'un drone seul

Algorithme comportemental du drone



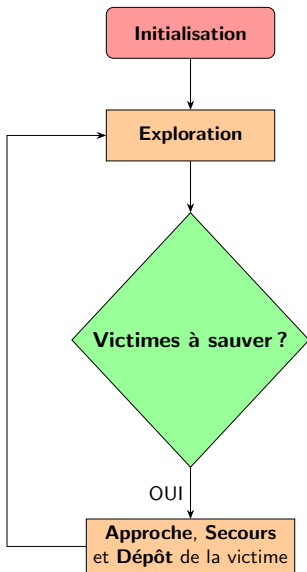
Cas d'un drone seul

Algorithme comportemental du drone



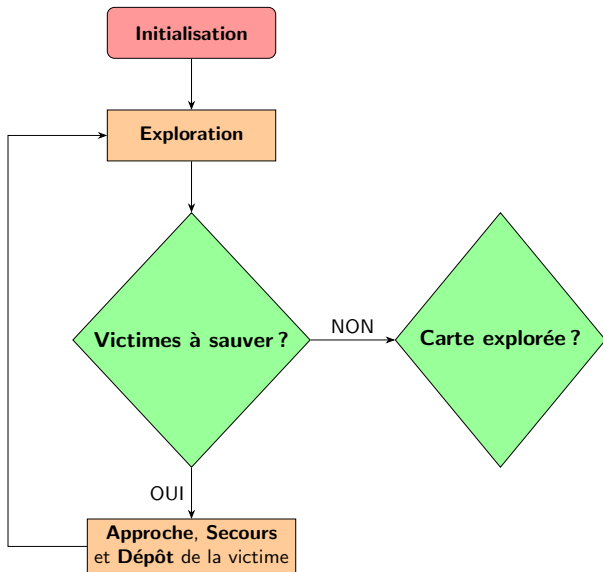
Cas d'un drone seul

Algorithme comportemental du drone



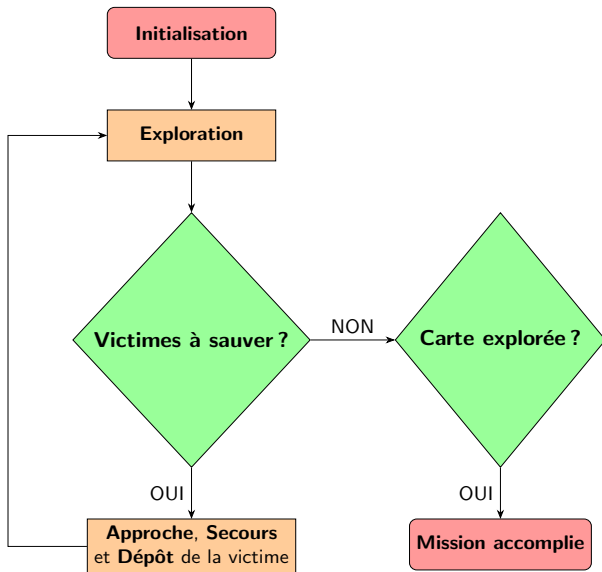
Cas d'un drone seul

Algorithme comportemental du drone



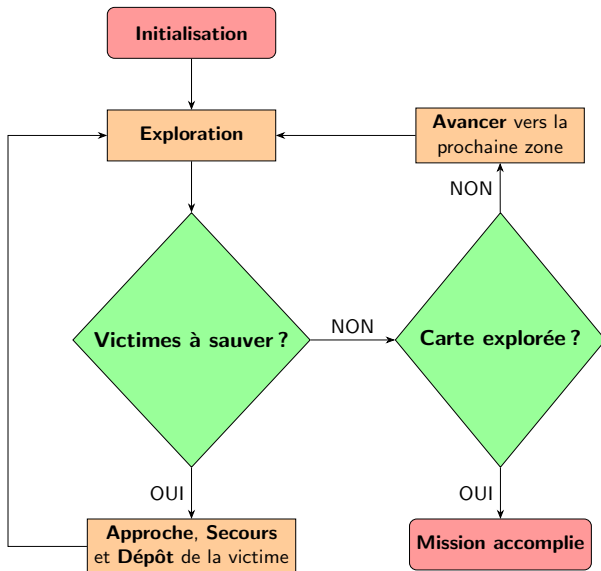
Cas d'un drone seul

Algorithme comportemental du drone



Cas d'un drone seul

Algorithme comportemental du drone

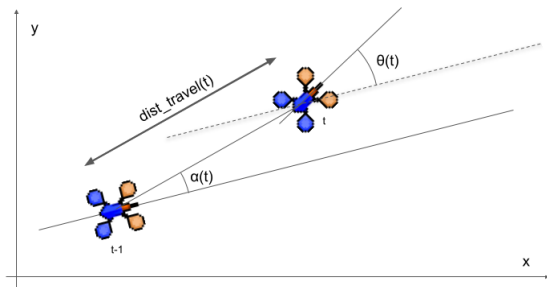


Cas d'un drone seul

Gestion des zones sans GPS

Utilisation d'un capteur odométrique

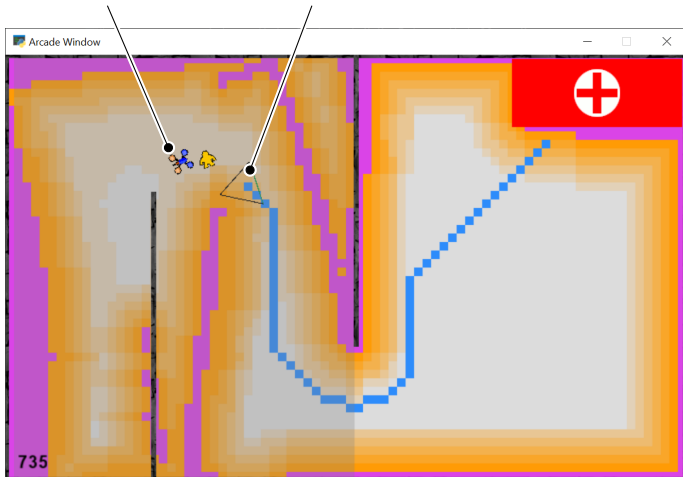
L'odométrie repose sur la mesure des déplacements du drone pour reconstituer son mouvement global.



Cas d'un drone seul

Gestion des zones sans GPS – Illustration

Position réelle Position estimée



Cas d'un drone seul

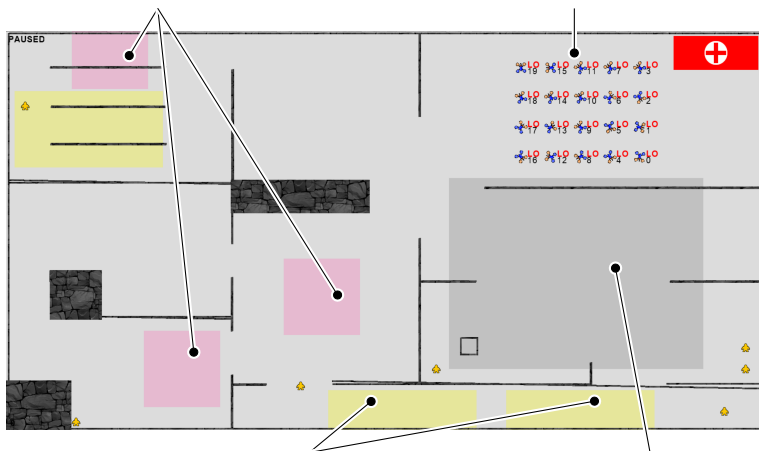
Exemple vidéo

Cas d'une flotte de drones

Scénario

Zones de désactivation

Flotte de 20 drones



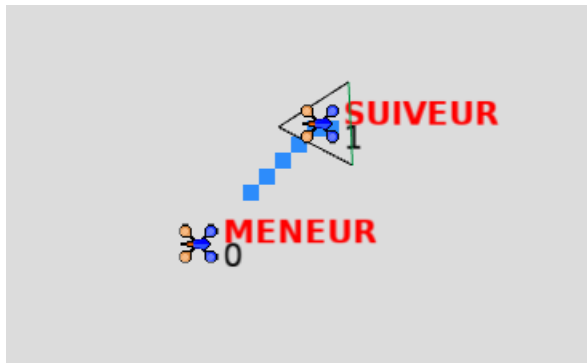
Zones sans comm.

Zones sans GPS

Cas d'une flotte de drones

Stratégie

Créer des paires de drones *meneur / suiveur*.



Cas d'une flotte de drones

Stratégie

Cette stratégie permet une meilleure **détection des zones** spéciales

Cas d'une flotte de drones

Stratégie

Cette stratégie permet de **fluidifier la circulation** des drones (ici en solo)

Cas d'une flotte de drones

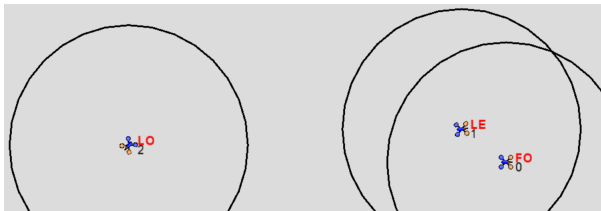
Stratégie

Cette stratégie permet de **fluidifier la circulation** des drones (ici en duo)

Cas d'une flotte de drones

Communication entre deux drones

- La communication entre les drones aussi utilisée pour :
 - ▶ partager la **détection** de certaines entités (zones de désactivation, centre de secours, ...)

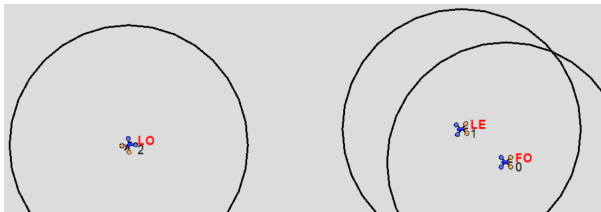


Portée de la communication des drones

Cas d'une flotte de drones

Communication entre deux drones

- La communication entre les drones aussi utilisée pour :
 - ▶ partager la **détection** de certaines entités (zones de désactivation, centre de secours, ...)
 - ▶ partager la **liste des victimes** à secourir

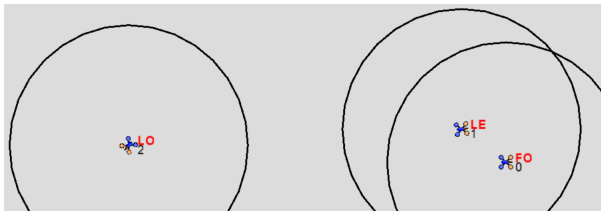


Portée de la communication des drones

Cas d'une flotte de drones

Communication entre deux drones

- La communication entre les drones aussi utilisée pour :
 - ▶ partager la **détection** de certaines entités (zones de désactivation, centre de secours, ...)
 - ▶ partager la **liste des victimes** à secourir
 - ▶ communiquer l'exploration des **zones** de la carte

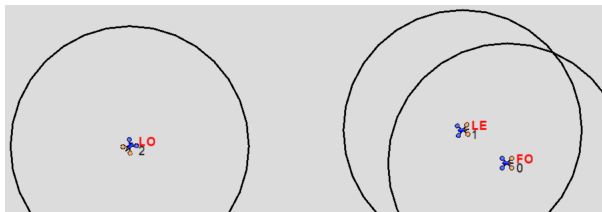


Portée de la communication des drones

Cas d'une flotte de drones

Communication entre deux drones

- La communication entre les drones aussi utilisée pour :
 - ▶ partager la **détection** de certaines entités (zones de désactivation, centre de secours, ...)
 - ▶ partager la **liste des victimes** à secourir
 - ▶ communiquer l'exploration des **zones** de la carte
 - ▶ communiquer leurs **trajets** (pour éviter qu'ils se croisent)



Portée de la communication des drones

Fonctionnalités réalistes

- Limiter les collisions : sécurité des victimes et intégrité des drones,
- Utilisation de capteurs réalistes (lidar et odométrie),

Fonctionnalités réalistes

- Limiter les collisions : sécurité des victimes et intégrité des drones,
- Utilisation de capteurs réalistes (lidar et odométrie),

Aspects irréalistes de la simulation

- Très grande liberté dans le type de message,
- Communication à travers les murs,
- Capteur sémantique simplificateur.

Avantages

- Expérimentation facile évitant les problèmes techniques
- Stratégie robuste devant la variété des obstacles et des victimes.

Avantages

- Expérimentation facile évitant les problèmes techniques
- Stratégie robuste devant la variété des obstacles et des victimes.

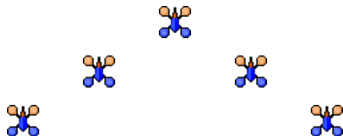
Difficultés éventuelles

- Passage de 2 à 3 dimensions,
- Prise en compte d'erreurs dans le contrôle du drone,
- Un environnement réel est bien plus complexe à cartographier,
- Les victimes peuvent être difficiles à détecter.

Conclusion

Ce projet a permis de **développer des stratégies** d'exploration et de secours par un essaim d'opérateurs qui sont

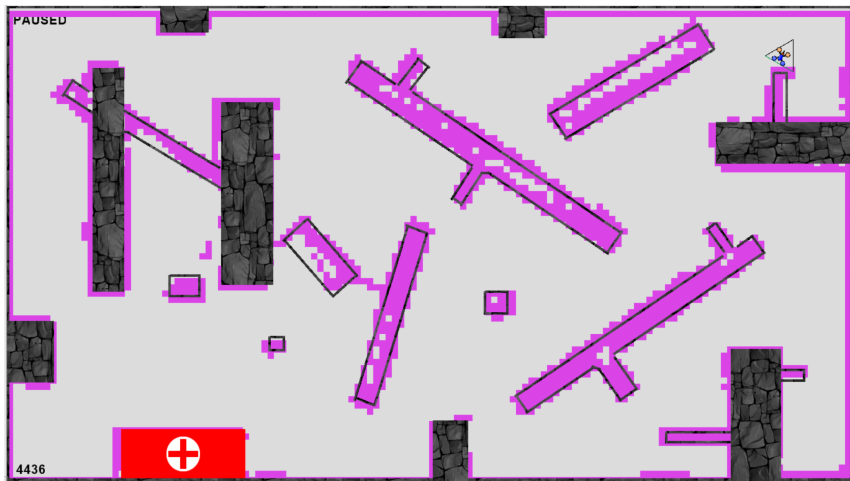
- **robustes**,
- **générales**,
- **applicables** à de nombreuses situations,
- **capables de s'adapter** à des zones sans GPS, sans communication entre les opérateurs et de désactivation.



- 6 Cartographie – Exemple de cartographie complète d'une carte
- 7 Cartographie – Remplissage de la matrice des entités
- 8 Exploration – Exemple d'une zone inaccessible
- 9 Améliorations
- 10 Exemple de réglage d'un paramètre lié à la sensibilité de la détection des murs
- 11 Illustration du secours d'une victime par une paire de drone
- 12 Gestion des zones sans GPS – Illustration
- 13 Cas d'un drone seul – États du drone
- 14 Attribution des ensemble de zones d'une flotte de drones

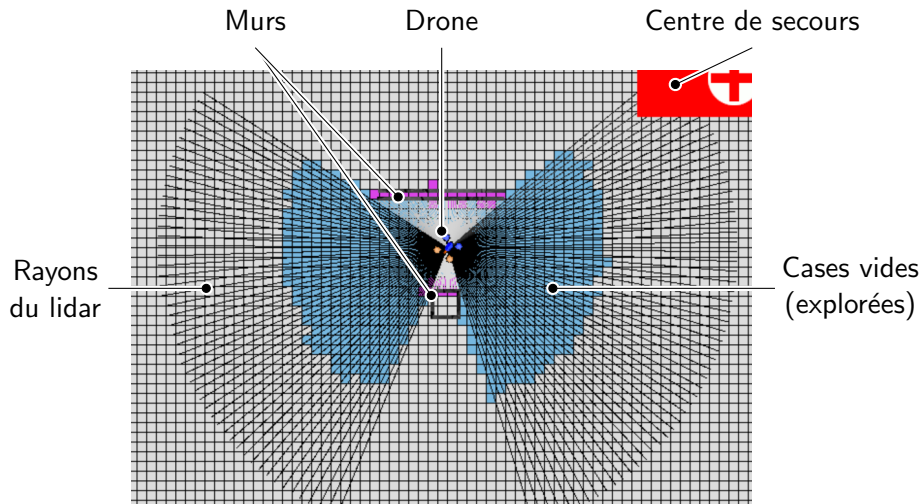
Annexes

Cartographie – Exemple de cartographie complète d'une carte



Annexes

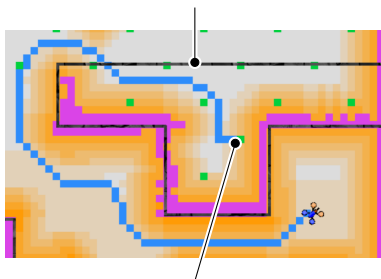
Cartographie – Remplissage de la matrice des entités



Annexes

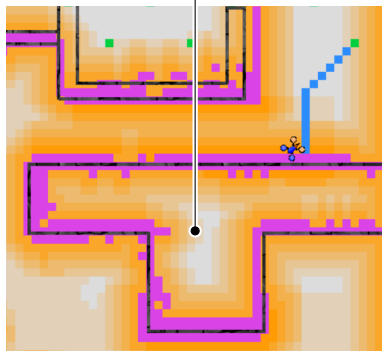
Exploration – Exemple d'une zone inaccessible

Mur non encore détecté



Prochaine zone à explorer
(qui est en fait inaccessible)

Les zones en réalité impossibles
ont été supprimées

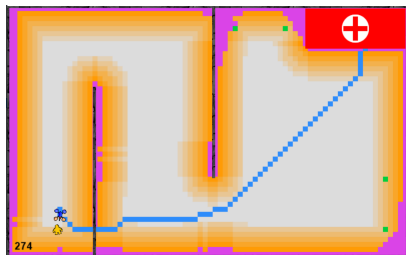


À chaque itération, le drone **met à jour la carte des obstacles** et **recalcule le chemin vers sa cible**.

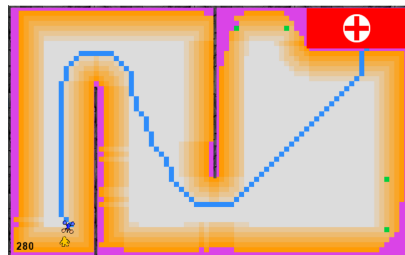
- **Anticipation des trajectoires** pour éviter que le drone fasse des mouvements trop brusques en naviguant d'une zone à l'autre.
 - ▶ *En pratique, on prend en compte l'inertie du drone.*
- Lors de la phase de **secours de la victime**, le drone passe suffisamment loin des obstacles pour que cette dernière **ne se cogne pas**.
 - ▶ *En pratique, on augmente la répulsion des murs appliquée au drone.*
- **Optimisation** : utilisation de la bibliothèque numba et possibilité de régler de nombreux paramètres.

Annexes

Exemple de réglage d'un paramètre lié à la sensibilité de la détection des murs



Mur de gauche non détecté



Mur de gauche détecté

Annexes

Illustration du secours d'une victime par une paire de drone

FO = *follower*, **LE** = *leader*



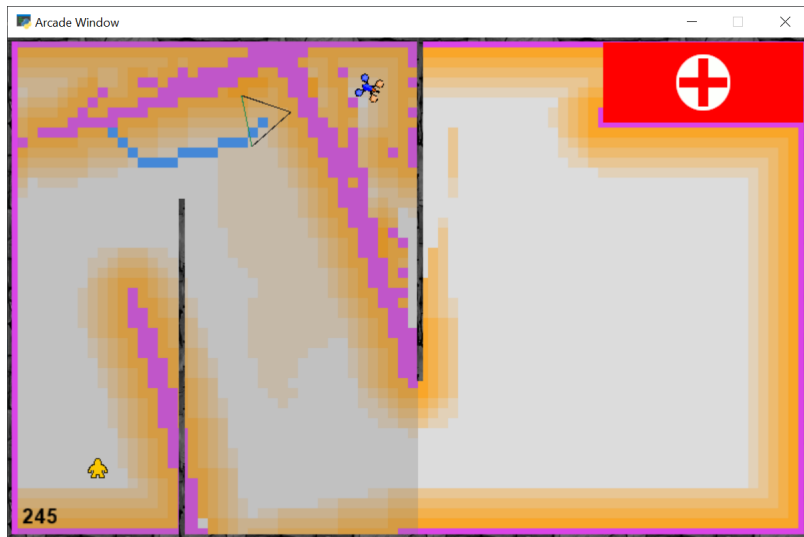
Approche vers la victime



Échange des rôles une fois la victime attrapée

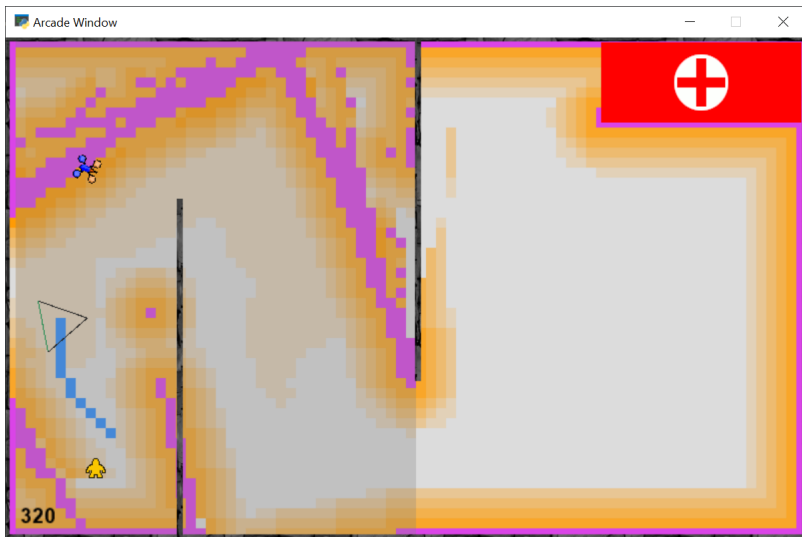
Annexes

Gestion des zones sans GPS – Illustration



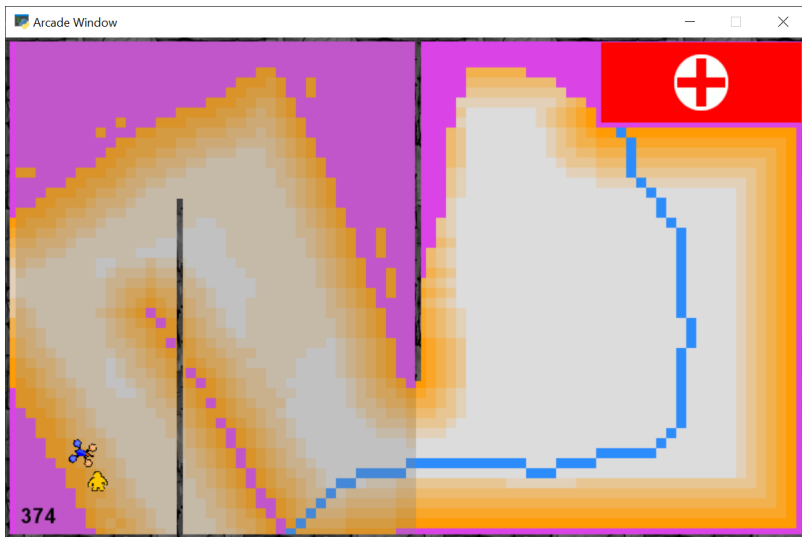
Cas d'un drone seul

Gestion des zones sans GPS – Illustration



Cas d'un drone seul

Gestion des zones sans GPS – Illustration

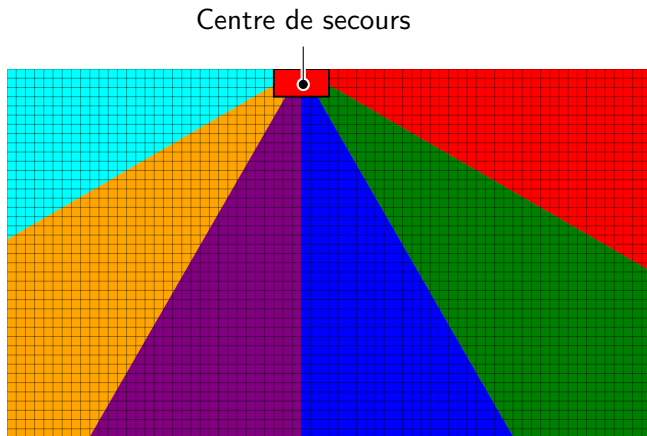


- **BOOTING** : découpage de la carte en zones à explorer.
- **EXPLORING** : le drone explore la carte.
- **RESCUING** : le drone a vu une victime et s'en approche.
- **SAVING** : le drone transporte une victime vers le centre de secours (le plus proche).
- **DROPPING** : le drone dépose la victime au centre de secours.
- **DONE** : le drone a fini d'explorer ses zones et a ramener toutes ses victimes.

Annexes

Attribution des ensemble de zones d'une flotte de drones

Chaque domaine coloré correspond aux *zones à explorer en priorité* par une certaine paire de drones.



Exemple de répartition des zones en plusieurs groupes

Cas d'une flotte de drones

Attribution des ensemble de zones

