**Manuel Utilisateur : Simulation de Recherche par Drones**

Bienvenue dans le manuel de la simulation de recherche de l'Homme à la mer par une flotte de drones hétérogène. Ce guide vous aidera à comprendre, utiliser et interpréter les résultats de cette simulation.

**1. Introduction et Objectif**

Cette simulation a pour but de modéliser et d'analyser l'efficacité d'une mission de recherche et de sauvetage menée par deux types de drones : des **drones de surface** et des **drones aériens**. L'objectif principal est de localiser une personne tombée à la mer, représentée par un point jaune, le plus rapidement possible.

La simulation intègre de multiples paramètres : le comportement individuel des drones, leurs interactions, les obstacles environnementaux et les zones de brouillage des communications, offrant ainsi un outil puissant pour étudier des stratégies de déploiement.

**2. L'environnement de Simulation**

L'interface est divisée en deux zones principales : la **zone de simulation** à gauche et la **barre d'informations et de commandes** à droite.

* **La Zone de Simulation (à gauche)** : C'est ici que l'action se déroule.
  + **Fond blanc/gris clair** : La zone de recherche. Les carrés gris clair indiquent les zones déjà explorées par un drone.
  + **Cercle vert** : Le point de départ (spawn) des drones.
  + **Rectangles marron** : Des obstacles infranchissables pour les drones de surface.
  + **Rectangles violets** : Des zones de brouillage qui empêchent toute communication pour les drones s'y trouvant.
  + **Point jaune (une fois découvert)** : L'Homme à la mer.
* **La Barre Latérale (à droite)** : Elle affiche les statistiques en temps réel, les commandes et une légende utile.

**3. Les Acteurs : Comportement des Drones**

Deux types de drones coexistent, chacun avec ses propres caractéristiques et comportements.

**Les Drones de Surface**

* **Apparence** : Cercles rouges.
* **Vitesse** : Plus lents que les drones aériens.
* **Exploration** : Zone de détection (leur "vue") plus restreinte.
* **Contraintes** : Ils sont bloqués par les obstacles (rectangles marron).
* **Cycle de vie** : Ils explorent pendant **40 secondes** avant de devoir retourner à la base pour se "reposer" pendant **20 secondes**.

**Les Drones Aériens**

* **Apparence** : Triangles bleus.
* **Vitesse** : Très rapides, ils couvrent de grandes distances.
* **Exploration** : Leur altitude leur confère une zone de détection beaucoup plus large.
* **Contraintes** : Ils ne sont pas affectés par les obstacles au sol mais sont plus sensibles à la fatigue.
* **Cycle de vie** : Leur vitesse et leur technologie les épuisent plus vite. Ils explorent pendant **20 secondes** et nécessitent **15 secondes** de repos.

**Comportements Communs**

* **Déplacement** : Les drones se déplacent de manière semi-aléatoire, changeant légèrement de direction à intervalle régulier pour maximiser la couverture.
* **Retour à la base (État Orange)** : Lorsqu'un drone atteint sa limite de temps d'exploration, il cesse sa recherche et se dirige en ligne droite vers le point de départ.
* **Repos (État Vert)** : Une fois à la base, le drone entre en phase de repos pour la durée définie. Il est alors inactif.
* **Épuisement (État Croix Noire)** : Si un drone met trop de temps à rentrer à la base (plus de 5 secondes de trajet de retour), il tombe "en panne" et est définitivement hors service pour la simulation en cours.
* **Découverte** : Si un drone passe à portée de l'Homme à la mer, il le "découvre". Sa couleur devient plus claire, et la simulation est considérée comme réussie.
* **Communication (Cercles Cyan)** : Les drones peuvent échanger des informations s'ils sont suffisamment proches et si aucun n'est dans une zone de brouillage. Le cercle cyan (visible ou non via la touche **C**) représente leur portée de communication. Chaque communication réussie est comptabilisée.

**4. Commandes et Interactions**

Vous pouvez influencer la simulation en temps réel grâce aux commandes suivantes :

|  |  |
| --- | --- |
| Touche / Action | Description |
| **Clic Gauche** | Dans la zone de simulation, déplace le point de départ (spawn) des drones à l'endroit du clic. |
| **R** | **Redémarre** la simulation avec les mêmes paramètres. |
| **1** | **Ajoute un drone de surface** au point de départ. |
| **2** | **Ajoute un drone aérien** au point de départ. |
| **Q** | **Retire un drone de surface** de la simulation. |
| **W** | **Retire un drone aérien** de la simulation. |
| **Espace** | Met la simulation en **Pause**. Appuyez à nouveau pour reprendre. |
| **C** | **Affiche ou masque les cercles de communication** des drones. |
| **L** | **Sauvegarde les logs détaillés** de la simulation en cours dans un fichier JSON (dossier logs). |
| **S** | **Sauvegarde les statistiques finales** de la simulation en cours dans un fichier JSON (dossier statistiques). |

**5. Interpréter les Données**

La simulation génère une grande quantité de données, visibles en temps réel dans la barre latérale ou de manière exhaustive dans les fichiers de statistiques sauvegardés.

**Statistiques en temps réel (barre latérale)**

* **Drones de Surface / Aériens** : Affiche le nombre de drones de chaque type actuellement actifs, ainsi que le nombre de ceux qui sont épuisés.
* **Zones explorées** : Le nombre total de "cases" uniques visitées par l'ensemble des drones.
* **Communications réussies / échouées** :
  + **Réussies** : Le nombre total de fois où deux drones ont pu échanger des informations.
  + **Échouées** : Le nombre de tentatives de communication qui ont échoué à cause d'une zone de brouillage.

**Le Fichier de Statistiques (Touche S)**

Ce fichier JSON est une mine d'or pour l'analyse post-simulation. Voici les sections clés :

* duree\_simulation\_secondes : Durée totale de la simulation.
* simulation\_reussie : true si l'Homme à la mer a été trouvé, sinon false.
* temps\_decouverte\_homme\_mer : Le temps en secondes qu'il a fallu pour trouver la cible.
* qui\_a\_trouve\_homme\_mer : L'identifiant du drone qui a réussi la mission.
* resultats\_globaux :
  + pourcentage\_exploration : Le pourcentage de la carte qui a été couvert par les drones.
  + taux\_epuisement : Le pourcentage de drones qui sont tombés en panne.
* statistiques\_communication :
  + repartition\_communications : Détaille les communications entre les mêmes types de drones (surface-surface) et entre types différents (surface-aerien).
  + taux\_reussite\_communication : Pourcentage de tentatives de communication qui ont réussi.
* statistiques\_drones\_surface et statistiques\_drones\_aerien :
  + Ces sections détaillent la performance de chaque groupe.
  + zones\_decouverte\_par\_creature : Une mesure clé de l'**efficacité d'exploration**. Un chiffre élevé indique qu'en moyenne, chaque drone de ce type a couvert une grande surface unique.
  + vitesse\_exploration : Nombre de zones uniques explorées par seconde par ce groupe de drones.
  + temps\_moyen\_decouverte\_homme\_mer : Si plusieurs drones de ce type ont trouvé la cible, ceci est leur temps moyen.
  + taux\_reussite\_communication : Le taux de succès des communications initiées par ce type de drone.

En comparant les sections comparaison, vous pouvez directement évaluer quel type de drone a été le plus efficace dans les conditions de la simulation, que ce soit en termes de couverture de zone, de vitesse de découverte ou de fiabilité de communication.

