

Projet NetLogo

Système multi-drones pour la surveillance d'incendies forestiers

Halim Djerroud

révision 1.0

En raison du réchauffement climatique et de l'augmentation des périodes de sécheresse, les incendies de forêt deviennent de plus en plus fréquents et dévastateurs en Europe. Les services de protection civile nous alertent sur l'importance cruciale d'une détection précoce des départs de feu. En effet, un incendie détecté dans les 15 premières minutes peut être maîtrisé avec des moyens limités, tandis qu'un feu non détecté peut ravager des milliers d'hectares et mettre des vies en danger.

Actuellement, la surveillance des massifs forestiers repose principalement sur des tours de guet et des patrouilles terrestres, mais ces méthodes présentent des limitations importantes : couverture partielle du territoire, coût humain élevé, et détection souvent tardive dans les zones reculées. Les technologies de drones autonomes offrent une solution prometteuse pour améliorer significativement la surveillance.

Suite à cette problématique, l'agence régionale de protection des forêts vous missionne pour concevoir un système multi-drones autonomes destiné à surveiller un massif forestier. Votre proposition repose sur la conception d'une flotte de drones équipés de capteurs thermiques et visuels, capables de détecter les départs de feu et d'alerter les pompiers. Après une analyse approfondie, vous avez choisi une approche basée sur une solution multi-agents dotée d'une architecture réactive.

Dans ce modèle d'agent que vous devez implémenter, les drones patrouillent de manière autonome dans la zone forestière. Chaque drone est équipé de capteurs qui lui permettent de détecter la présence de fumée ou de points chauds indiquant un départ de feu. Les drones ont pour objectif de couvrir efficacement le territoire tout en gérant leur autonomie énergétique limitée. Chaque déplacement et chaque scan de capteur consomment de l'énergie, et les drones doivent retourner périodiquement vers des stations de recharge lorsque leur batterie est faible.

Les incendies, dans ce modèle, apparaissent de manière aléatoire avec une probabilité donnée à chaque pas de temps. Une fois déclaré, un feu se propage aux cases adjacentes en fonction de facteurs environnementaux tels que la densité de végétation, la direction du vent, et le niveau de sécheresse. La propagation peut être modélisée simplement ou de façon plus complexe selon le niveau d'ambition du projet.

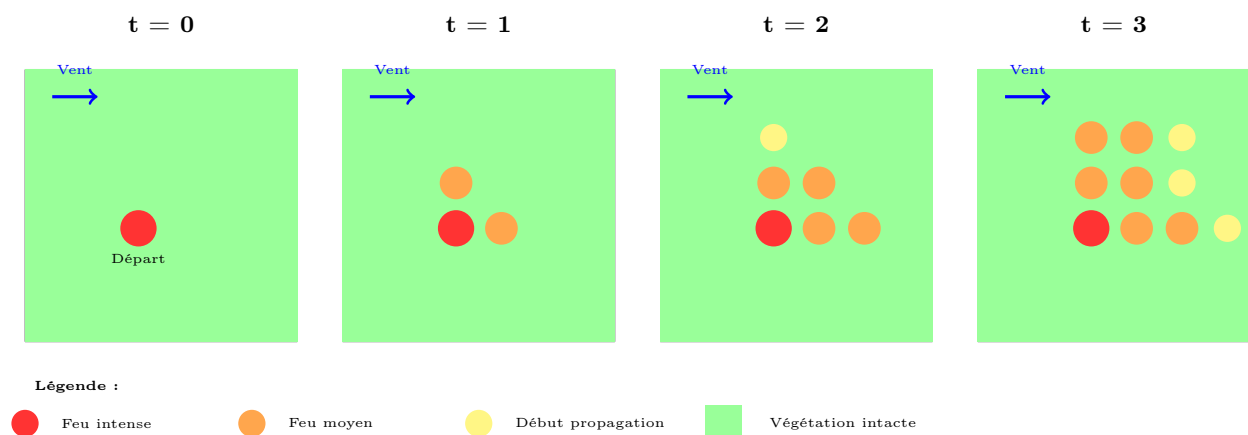


FIGURE 1 – Modèle de propagation d'un incendie au cours du temps, influencé par le vent

Le comportement des drones est crucial dans ce modèle. Ils doivent être programmés pour :

- Patrouiller efficacement en couvrant tout le territoire
- Détecter les départs de feu dans leur rayon de perception
- Gérer leur niveau d'énergie et retourner à temps vers les stations de recharge
- Décider s'ils continuent leur patrouille ou se dirigent vers une station selon leur autonomie
- Alerter le système lorsqu'un feu est détecté (avec coordonnées précises)

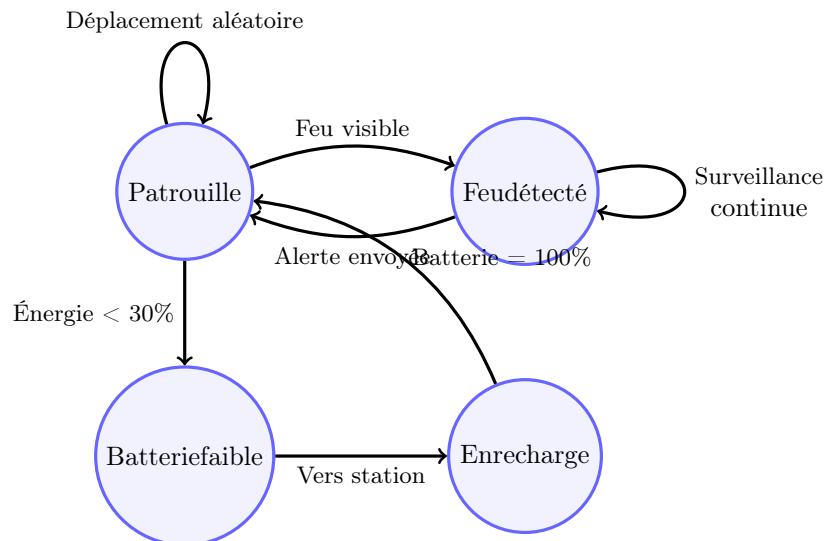


FIGURE 2 – Diagramme d'états du comportement réactif d'un drone

Les stations de recharge sont positionnées à des emplacements stratégiques dans le massif forestier. Un drone peut s'y recharger complètement, mais cela prend un certain temps durant lequel le drone ne patrouille pas. Le nombre et l'emplacement de ces stations influencent directement l'efficacité globale du système.

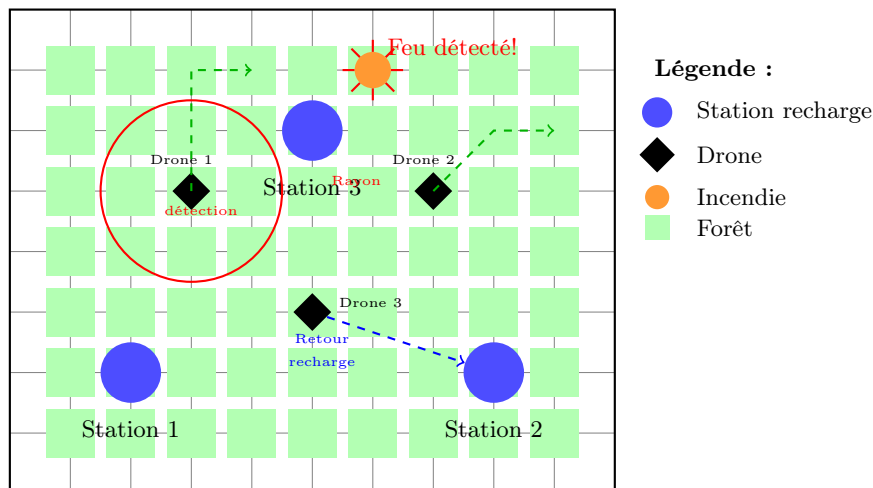


FIGURE 3 – Vue d'ensemble du système de surveillance avec drones, stations de recharge et détection d'incendie

Extension avancée (bonus) : Vous pouvez implémenter un système de communication entre drones permettant :

- Le partage d'informations sur les zones déjà patrouillées pour éviter les redondances
- La coordination lors de la détection d'un incendie (plusieurs drones convergent pour surveiller l'évolution)
- L'optimisation collective de la couverture du territoire

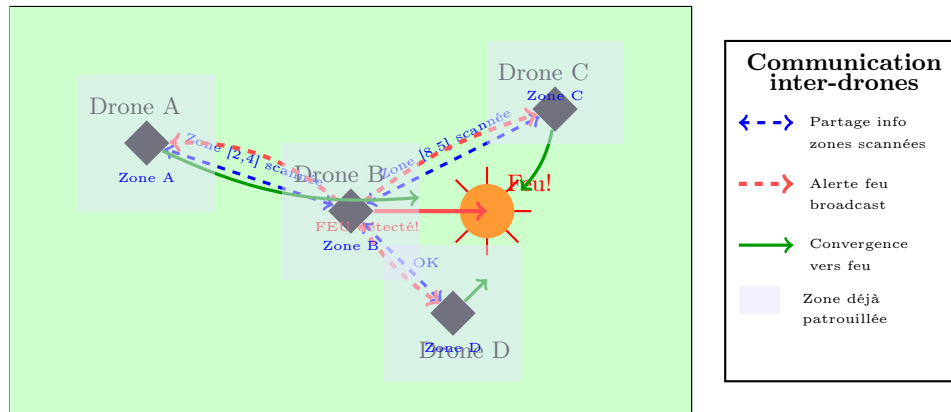


FIGURE 4 – Système de communication entre drones : partage d’informations et coordination lors de la détection d’un incendie

Travail demandé

- Proposer une implémentation de cette solution avec le simulateur NetLogo comprenant :
 - Les agents drones avec leur comportement de patrouille et gestion d’énergie
 - Les stations de recharge positionnées stratégiquement
 - La génération aléatoire d’incendies et leur propagation
 - Un système de détection et d’alerte
 - Des indicateurs visuels (niveau de batterie, zones scannées, feux actifs, etc.)
- Implanter des fonctionnalités qui permettent d’ajuster les paramètres de simulation à travers les sliders :
 - Nombre de drones
 - Nombre de stations de recharge
 - Rayon de détection des drones
 - Autonomie initiale des batteries
 - Vitesse de recharge
 - Probabilité d’apparition d’un incendie
 - Vitesse de propagation du feu
 - Facteur de vent (optionnel)
- Répondre aux questions suivantes à travers des expérimentations et analyses :
 - Quel est le nombre minimum de drones nécessaire pour garantir une couverture efficace du territoire ? (Donner un ratio drones/surface surveillée)
 - Quel est l’impact du nombre et de la position des stations de recharge sur l’efficacité du système ?
 - Quel est le temps moyen de détection d’un incendie en fonction du nombre de drones ?
 - Proposer et implémenter un modèle dans lequel vous intégrez la communication entre agents. Comparer les performances avec et sans communication.
 - Analyser le compromis entre la consommation d’énergie (nécessitant des recharges fréquentes) et l’efficacité de détection.

Livrables attendus

- Le code NetLogo commenté et fonctionnel
- Un rapport d’analyse comprenant :
 - La description de votre modèle et des choix de conception
 - Les graphiques et résultats d’expérimentation
 - Les réponses argumentées aux questions posées
 - Une discussion sur les limites du modèle et les améliorations possibles
- (Optionnel) Une démonstration vidéo de votre simulation

Critères d’évaluation

- Fonctionnalité du système multi-agents (40%)

- Pertinence des choix de conception et architecture réactive (20%)
- Qualité de l'implémentation NetLogo (15%)
- Analyse expérimentale et réponses aux questions (20%)
- Extension avec communication inter-agents (5% bonus)