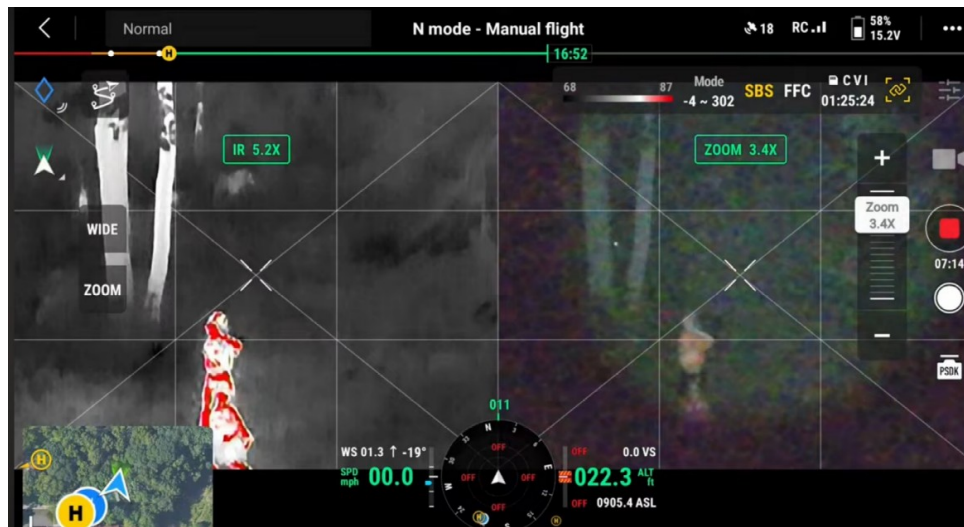
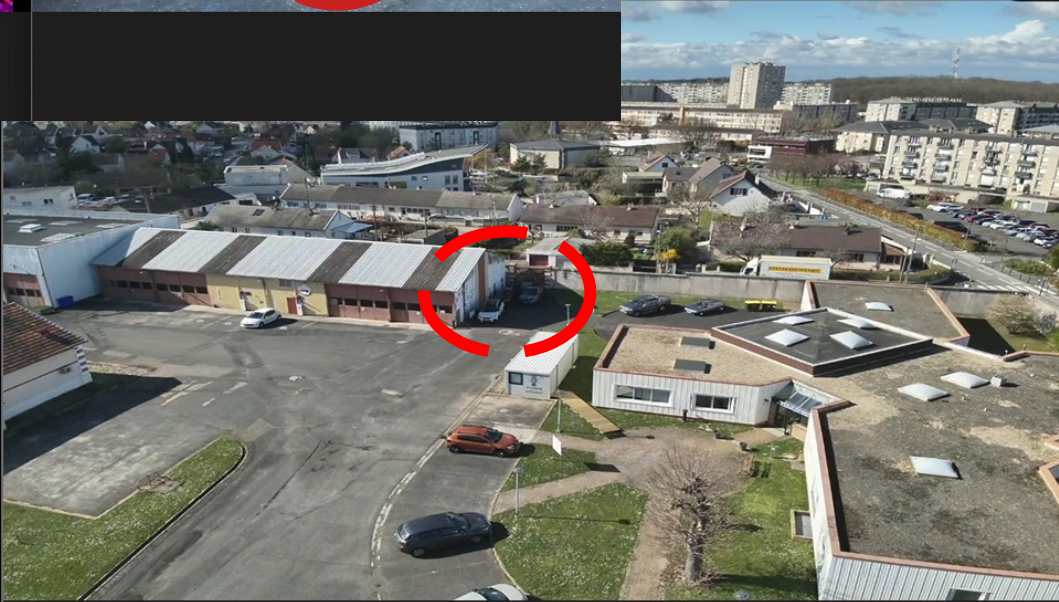
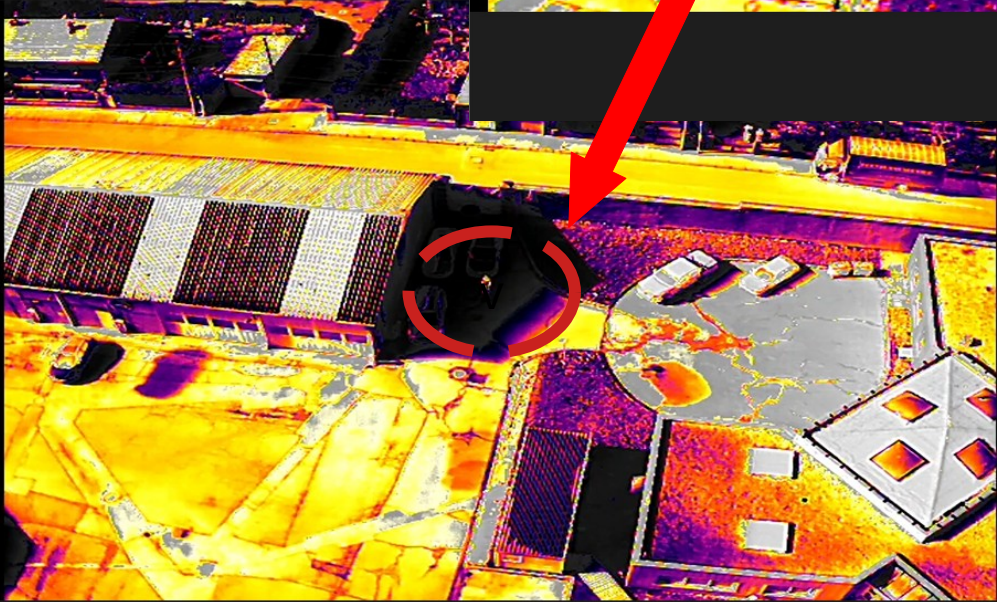


# Essais de drones thermiques et optiques pour la recherche de personnes disparues



**Dr. Thibaut HECKMANN - CRGN-LIRA**



# Plan

01 Synchronisation du vol en essais de drones

02 Section pratique

03 Développement en cours

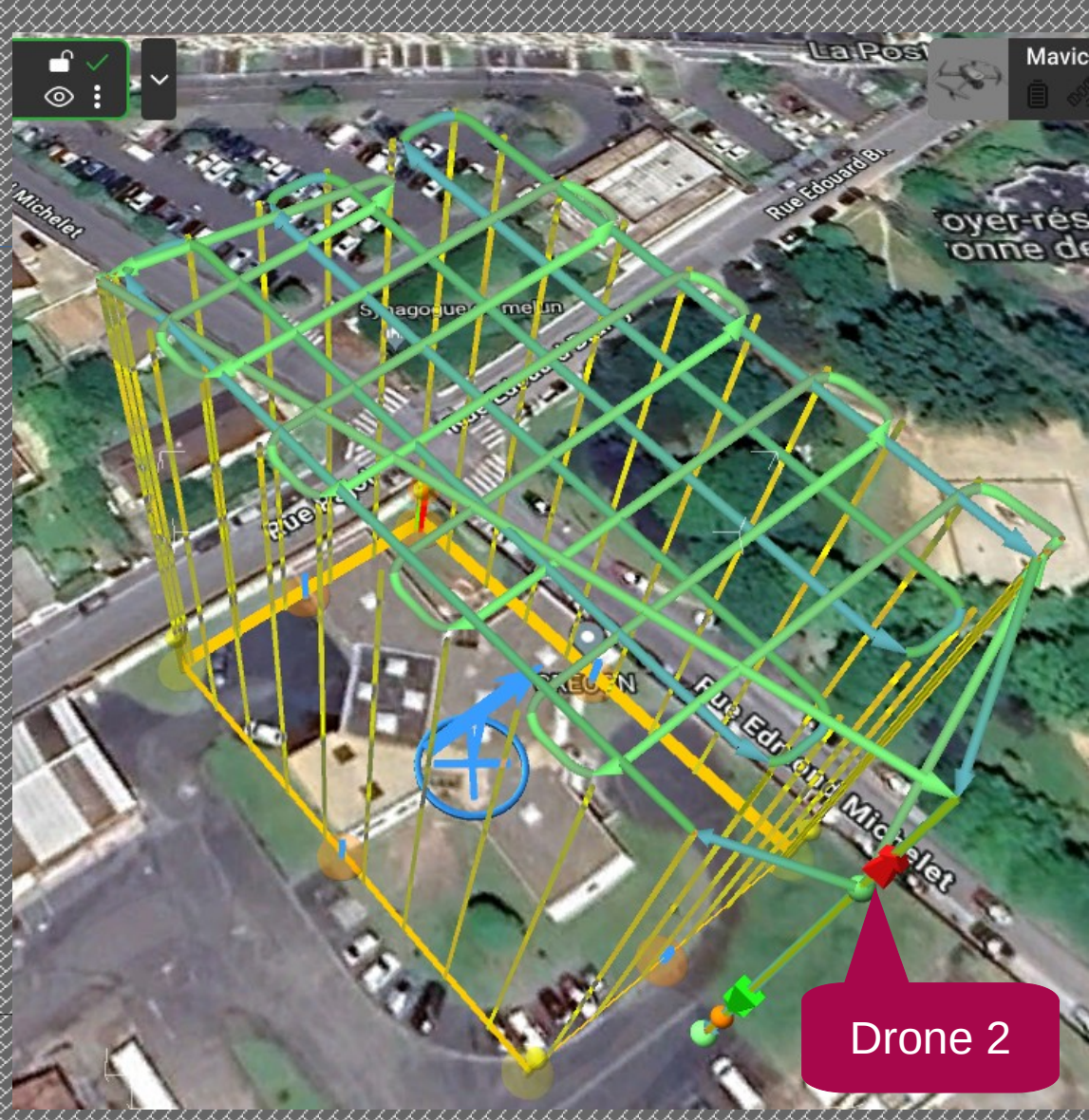
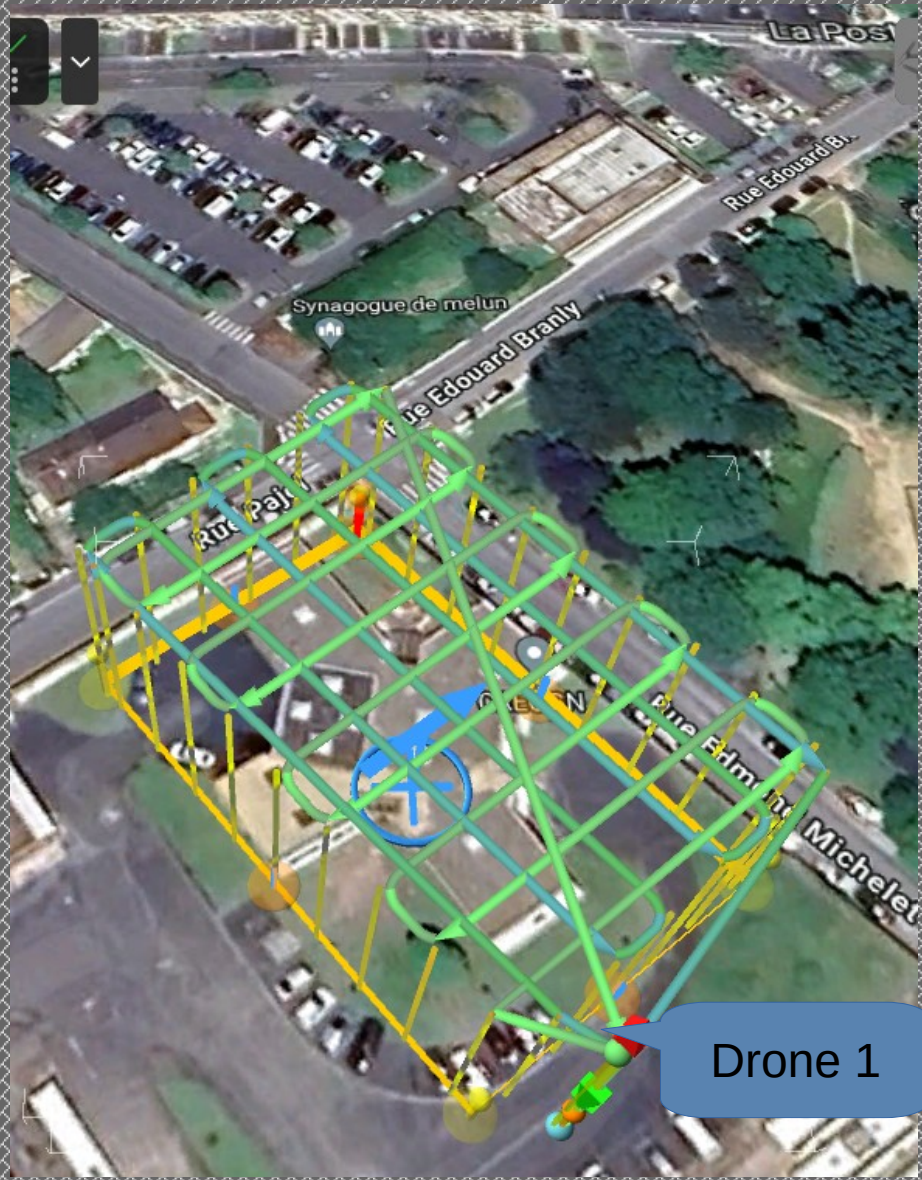
04 Références

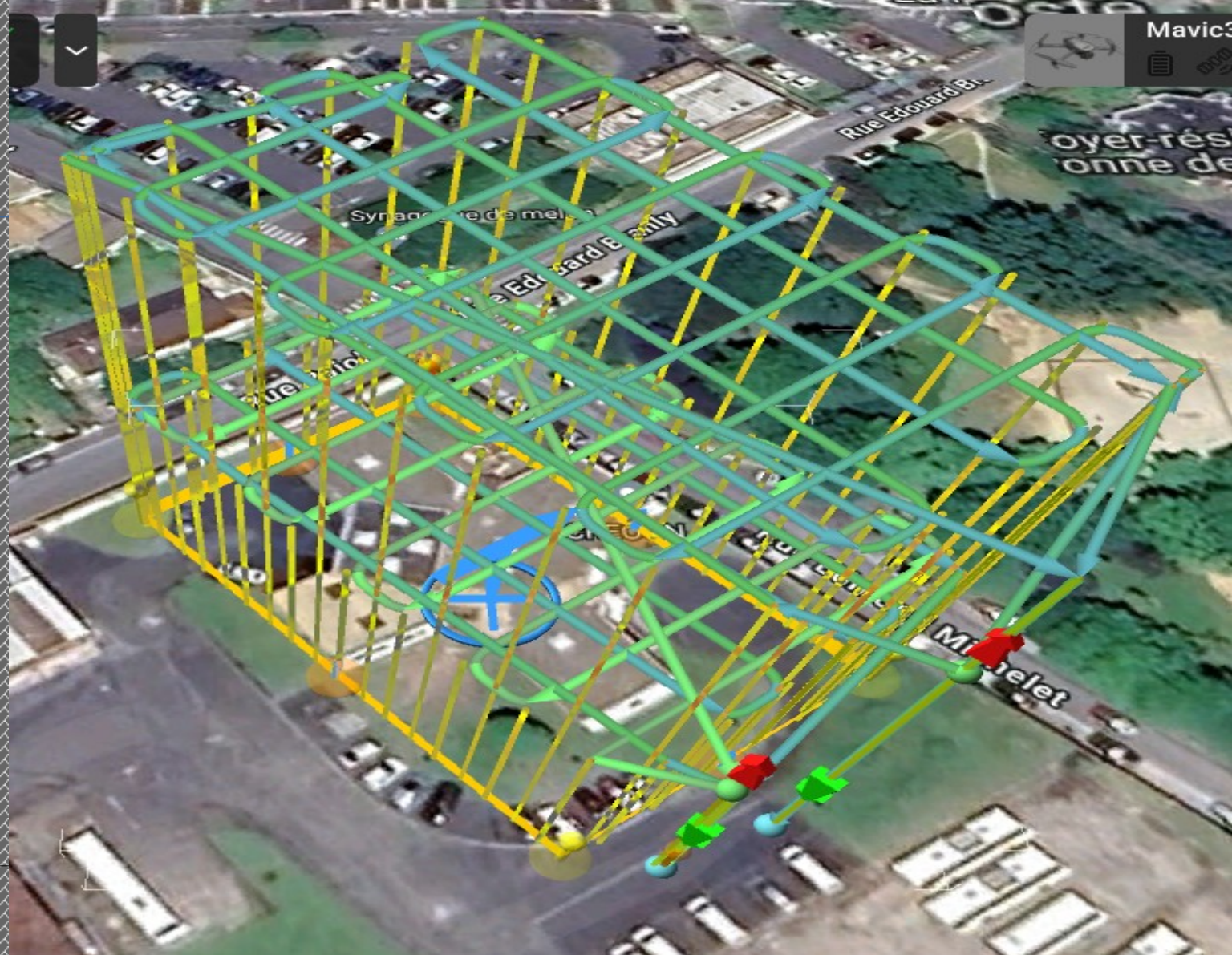
# 01 Synchronisation du vol en essaims de drones

# 01 Synchronisation du vol en essaims de drones

## Développement d'algorithmes avancés pour les opérations de recherche par drones

Couverture automatique de la zone  
Séparation intelligente du périmètre de vol  
Itinéraires optimisés avec vitesses et hauteurs multiples





Mavic3



Drone 1  
Alt 10m

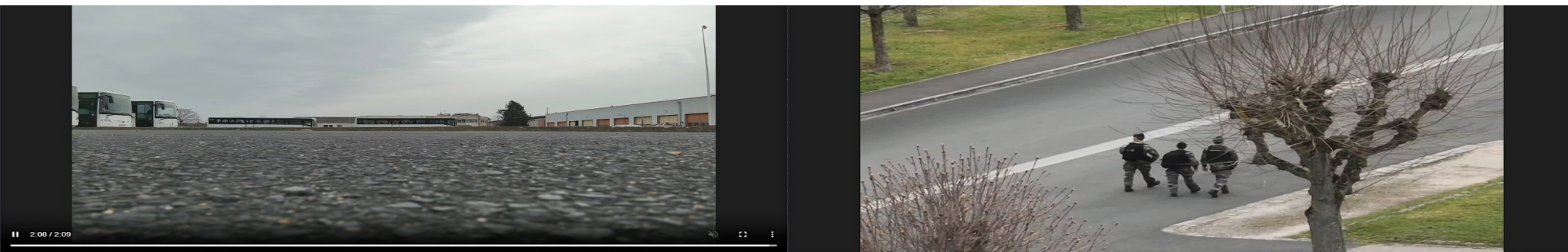


Drone 2  
Alt 15m



# Retransmission en temps réel

## Serveur sécurisé avec algorithme de réduction de latence



```
II 2:08/2:09
Mar 21 10:44:14 vps- mediantx[20583]: 2025/03/21 10:44:14 INF [HLS] [muxer live/stream1] destroyed: no one is publishing to path 'live/stream1'
Mar 21 10:44:14 vps- mediantx[20583]: 2025/03/21 10:44:14 INF [HLS] [muxer live/stream1] created (requested by
Mar 21 10:44:14 vps- mediantx[20583]: 2025/03/21 10:44:14 INF [HLS] [muxer live/stream1] destroyed: no one is publishing to path 'live/stream1'
Mar 21 10:44:14 vps- mediantx[20583]: 2025/03/21 10:44:14 INF [RTMP] [muxer live/stream1] is publishing to path 'live/stream1', 1 track (H264)
Mar 21 10:44:16 vps- mediantx[20583]: 2025/03/21 10:44:16 INF [HLS] [muxer live/stream1] created (requested by
Mar 21 10:44:16 vps- mediantx[20583]: 2025/03/21 10:44:16 INF [HLS] [muxer live/stream1] is converting into HLS, 1 track (H264)
Mar 21 10:44:17 vps- mediantx[20583]: 2025/03/21 10:44:17 WAR [HLS] [muxer live/stream1] part duration changed from 200ms to 231ms - this will cause an error in 105 clients
Mar 21 10:44:17 vps- mediantx[20583]: 2025/03/21 10:44:17 WAR [HLS] [muxer live/stream1] part duration changed from 231ms to 237ms - this will cause an error in 105 clients
Mar 21 10:44:19 vps- mediantx[20583]: 2025/03/21 10:44:19 WAR [HLS] [muxer live/stream1] segment duration changed from 1s to 2s - this will cause an error in 105 clients
Mar 21 10:44:23 vps- mediantx[20583]: 2025/03/21 10:44:23 WAR [HLS] [muxer live/stream1] part duration changed from 272ms to 564ms - this will cause an error in 105 clients
Mar 21 10:44:24 vps- mediantx[20583]: 2025/03/21 10:44:24 WAR [HLS] [muxer live/stream1] part duration changed from 237ms to 239ms - this will cause an error in 105 clients
Mar 21 10:44:34 vps- mediantx[20583]: 2025/03/21 10:44:34 WAR [HLS] [muxer live/stream1] part duration changed from 239ms to 2-000s - this will cause an error in 105 clients
Mar 21 10:44:34 vps- mediantx[20583]: 2025/03/21 10:44:34 WAR [HLS] [muxer live/stream1] segment duration changed from 2s to 3s - this will cause an error in 105 clients
Mar 21 10:44:34 vps- mediantx[20583]: 2025/03/21 10:44:34 WAR [HLS] [muxer live/stream1] part duration changed from 2-000s to 7-195s - this will cause an error in 105 clients
Mar 21 10:44:35 vps- mediantx[20583]: 2025/03/21 10:44:35 WAR [HLS] [muxer live/stream1] part duration changed from 564ms to 397ms - this will cause an error in 105 clients
Mar 21 10:44:35 vps- mediantx[20583]: 2025/03/21 10:44:35 WAR [HLS] [muxer live/stream1] segment duration changed from 3s to 8s - this will cause an error in 105 clients
Mar 21 10:44:40 vps- mediantx[20583]: 2025/03/21 10:44:40 WAR [HLS] [muxer live/stream1] part duration changed from 397ms to 269ms - this will cause an error in 105 clients
Mar 21 10:44:44 vps- mediantx[20583]: 2025/03/21 10:44:44 WAR [HLS] [muxer live/stream1] part duration changed from 7-195s to 242ms - this will cause an error in 105 clients
Mar 21 10:44:45 vps- mediantx[20583]: 2025/03/21 10:44:45 WAR [HLS] [muxer live/stream1] part duration changed from 269ms to 265ms - this will cause an error in 105 clients
Mar 21 10:44:47 vps- mediantx[20583]: 2025/03/21 10:44:47 WAR [HLS] [muxer live/stream1] part duration changed from 265ms to 266ms - this will cause an error in 105 clients
Mar 21 10:44:47 vps- mediantx[20583]: 2025/03/21 10:44:47 WAR [HLS] [muxer live/stream1] part duration changed from 262ms to 261ms - this will cause an error in 105 clients
Mar 21 10:44:48 vps- mediantx[20583]: 2025/03/21 10:44:48 WAR [HLS] [muxer live/stream1] part duration changed from 261ms to 263ms - this will cause an error in 105 clients
Mar 21 10:44:49 vps- mediantx[20583]: 2025/03/21 10:44:49 WAR [HLS] [muxer live/stream1] part duration changed from 266ms to 268ms - this will cause an error in 105 clients
Mar 21 10:44:56 vps- mediantx[20583]: 2025/03/21 10:44:56 WAR [HLS] [muxer live/stream1] part duration changed from 263ms to 261ms - this will cause an error in 105 clients
Mar 21 10:44:57 vps- mediantx[20583]: 2025/03/21 10:44:57 WAR [HLS] [muxer live/stream1] part duration changed from 268ms to 275ms - this will cause an error in 105 clients
Mar 21 10:45:04 vps- mediantx[20583]: 2025/03/21 10:45:04 WAR [HLS] [muxer live/stream1] part duration changed from 242ms to 260ms - this will cause an error in 105 clients
Mar 21 10:45:05 vps- mediantx[20583]: 2025/03/21 10:45:05 WAR [HLS] [muxer live/stream1] part duration changed from 260ms to 250ms - this will cause an error in 105 clients
Mar 21 10:45:08 vps- mediantx[20583]: 2025/03/21 10:45:08 WAR [HLS] [muxer live/stream1] part duration changed from 275ms to 265ms - this will cause an error in 105 clients
Mar 21 10:45:10 vps- mediantx[20583]: 2025/03/21 10:45:10 WAR [HLS] [muxer live/stream1] part duration changed from 265ms to 267ms - this will cause an error in 105 clients
Mar 21 10:45:16 vps- mediantx[20583]: 2025/03/21 10:45:16 WAR [HLS] [muxer live/stream1] part duration changed from 250ms to 266ms - this will cause an error in 105 clients
Mar 21 10:45:28 vps- mediantx[20583]: 2025/03/21 10:45:28 WAR [HLS] [muxer live/stream1] part duration changed from 266ms to 269ms - this will cause an error in 105 clients
Mar 21 10:45:32 vps- mediantx[20583]: 2025/03/21 10:45:32 WAR [HLS] [muxer live/stream1] part duration changed from 267ms to 271ms - this will cause an error in 105 clients
```

# 01 Synchronisation du vol en essaims de drones

## Développement d'algorithmes avancés pour les opérations de recherche par drones

Gestion automatique des batteries  
Optimisation du rechargement  
sans perturber l'essaim



## 02 Section pratique

## 02 Section pratique

Le Mavic 3T est équipé à la fois d'une caméra thermique et d'une caméra visuelle haute résolution.

Les principales spécifications techniques sont les suivantes :

- Poids : 920 grammes
- Autonomie de vol : Jusqu'à 45 minutes
- Vitesse maximale : 72 km/h
- Résolution de la caméra thermique : 640 x 512 pixels
- Résolution de la caméra visuelle : 48 MP (enregistrement vidéo 4K à 60 fps)
- Détection d'obstacles : Multidirectionnelle (évitage d'obstacles à 360°)



## 02 DJI Mavic 3T

Le vol du Mavic 3T est géré par son contrôleur de vol intégré, qui utilise une combinaison de capteurs (GPS, IMU et capteurs visuels) pour assurer un vol stable et autonome.

Le Mavic 3T utilise le système de communication OcuSync 3.0, offrant une portée de transmission robuste allant jusqu'à 15 kilomètres.

Les performances du Mavic 3T peuvent toutefois être affectées par des conditions météorologiques extrêmes.



## 02 DJI Mavic 3T Essaim de Drones BLE

### Recherche de Personnes Disparues avec un Essaim de Drones BLE

#### Principe

Un essaim de drones équipés de capteurs Bluetooth Low Energy (BLE) scanne les adresses MAC des appareils Bluetooth (smartphones, montres connectées, bracelets).

#### Triangulation et Localisation

Plusieurs drones détectent un même signal et mesurent son intensité (RSSI).

Un algorithme de triangulation estime la position de l'appareil cible.

#### Avantages

Couverture rapide d'une grande zone.

Localisation en temps réel et précision améliorée avec plusieurs drones.



## 03 Développement en cours

## 03 Développement en cours

Dans le cadre de nos recherches en cours, nous avons identifié plusieurs axes d'amélioration clés pour les opérations de recherche assistées par drones.

Nos travaux actuels se concentrent sur trois aspects principaux :

- Optimisation de la qualité d'image

- Caractérisation des signatures thermiques post-mortem (phase 2 et phase 3)

- Différenciation des signatures thermiques humaines et animales

## 03 Développement en cours

### 1- Optimisation de la qualité d'image et automatisation de la détection

Les conditions environnementales telles que la température extérieure, l'altitude et la vitesse du drone impactent directement la qualité des images thermiques et optiques, influençant ainsi l'efficacité des missions de recherche et de sauvetage.

#### Optimisation de la calibration

Nous développons des algorithmes d'IA avancée pour adapter dynamiquement les paramètres d'imagerie et améliorer la détection des personnes disparues (enfant, adulte).



## 03 Développement en cours

### 1- Optimisation de la qualité d'image et automatisation de la détection

#### Approches utilisées :

CNN (Convolutional Neural Networks) –  
Amélioration de la qualité des images et  
reconnaissance des signatures thermiques.

RNN/LSTM (Recurrent Neural Networks) –  
Analyse des variations environnementales et  
ajustement en temps réel.

Reinforcement Learning (RL) – Optimisation  
automatique des paramètres de vol et d'imagerie  
en fonction des conditions extérieures.

Objectif : Maximiser la précision de détection  
grâce à une IA adaptative.



**Total Power with 12 GPUs RTX 4090:**

**996 TFLOPS FP32 or 15,6 PFLOPS INT8**

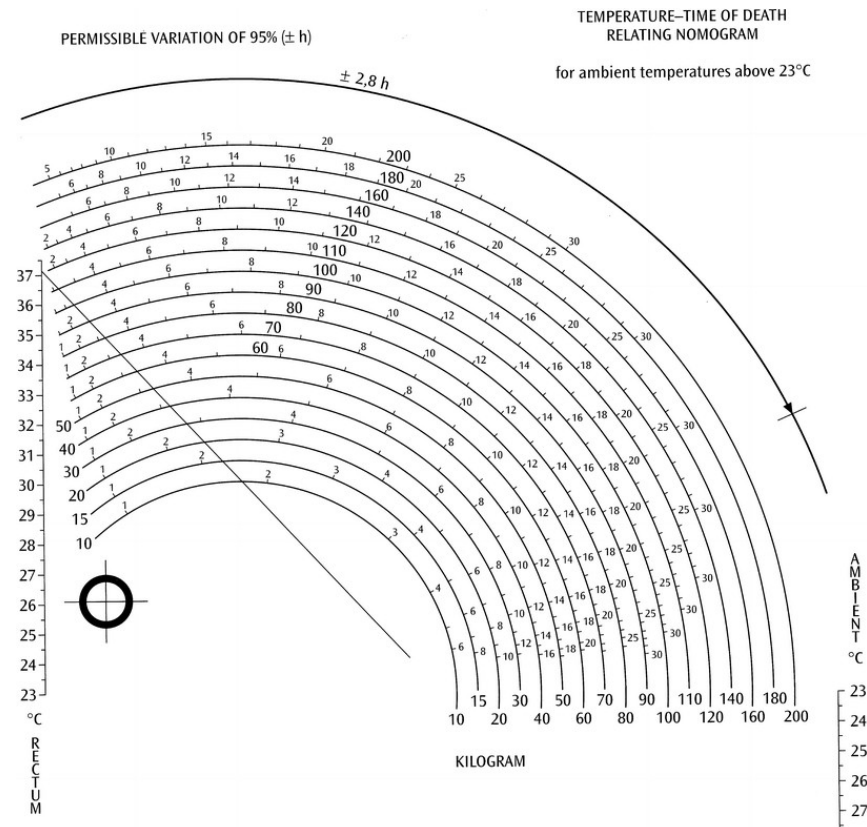


## 03 Développement en cours

### 2- Caractérisation des signatures thermiques post-mortem

Nos études actuelles portent sur la caractérisation de la signature thermique des individus récemment décédés afin de mieux comprendre leur empreinte thermique au cours des 12 premières heures post-mortem.

En analysant systématiquement les schémas de décroissance thermique et en menant des expériences contrôlées, nous cherchons à établir un cadre robuste pouvant être intégré dans nos protocoles de recherche assistés par drones.

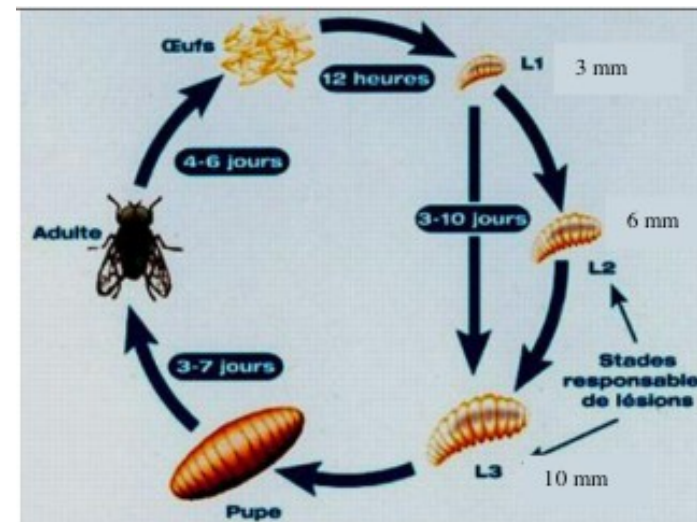


## 03 Développement en cours

### 2- Caractérisation des signatures thermiques post-mortem

Nos études actuelles portent sur la caractérisation de la signature thermique des individus récemment décédés afin de mieux comprendre leur empreinte thermique après les 12 premières heures post-mortem.

En analysant les schémas de décroissance thermique des insectes nécrophages sur les corps pour la recherche d'empreintes thermiques et approche olfactive.



Objectif : Différencier les signatures thermiques humaines de celles des animaux (chiens, renards) grâce aux réseaux de neurones convolutifs (CNN).

Méthode :

Entraînement supervisé avec des images étiquetées.

Modèle actuel : 75 % de précision.

Objectif 2026 : 90 % de précision.

Impact :

Amélioration de l'analyse en temps réel.

Réduction des faux positifs pour une recherche plus efficace.

Optimisation des ressources pour l'identification des cibles humaines.



# Conclusion



## 04 Bibliographie

1. Goodrich, M.A., Morse, B.S., Gerhardt, D., Cooper, J.L., Quigley, M., Adams, J.A., Humphrey, C.: Supporting wilderness search and rescue using a camera equipped mini UAV. *Journal of Field Robotics* 25(1-2), 89–110 (2008). <https://doi.org/10.1002/rob.20226>
2. Silvagni, M., Tonoli, A., Zenerino, E., Chiaberge, M.: Multipurpose UAV for search and rescue operations in mountain avalanche events. *Geomatics, Natural Hazards and Risk* 8(1), 18–33 (2017). <https://doi.org/10.1080/19475705.2016.1238852>
3. Alotaibi, E.T., Alqefari, S.S., Koubaa, A.: LSAR: Multi-UAV Collaboration for Search and Rescue Missions. *IEEE Access* 7, 55817–55832 (2019). <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2912306>
4. Pérez-Grau, F.J., Ragel, R., Caballero, F., Viguria, A., Ollero, A.: An architecture for robust UAV swarm control in search and rescue missions. *Journal of Field Robotics* 35(8), 1342–1361 (2017). <https://doi.org/10.1002/rob.21818>
5. Karaca, Y., Cicek, M., Tatli, O., Sahin, A., Pasli, S., Beser, M.F., Turedi, S.: The potential use of unmanned aircraft systems (drones) in mountain search and rescue operations. *American Journal of Emergency Medicine* 36(4), 583–588 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2017.09.025>
6. Wolfe, V., Frobe, W., Shrinivasan, V., Hsieh, T.Y.: Feasibility Study of Utilizing Quadcopter Drone Systems to Support Emergency Response in the Coastal Areas of Taiwan. *Journal of Coastal Research* 95(sp1), 1236–1240 (2020). <https://doi.org/10.2112/SI95-239.1>
7. Chawra, V.K., Gupta, G.P.: Multiple UAV Path-Planning for Data Collection in Cluster-based Wireless Sensor Network. In: 2020 First International Conference on Power, Control and Computing Technologies (ICPC2T), pp. 194–198. IEEE (2020). <https://doi.org/10.1109/ICPC2T48082.2020.9071449>