

---

# - *Le projet ERL 2019* -

C. JEGAT • A. SAAD • A. KLIPFEL • O. AL SHUAIBI

ENSTA Bretagne

Le 27/05/2019 à 21:44:47

# Plan de présentation

---

- 1** Contextualisation
- 2** Ingénierie Système
- 3** Réalisations et tests des fonctions
  - Partie terrestre
  - Partie Aérienne
- 4** Démonstration
- 5** Analyse des résultats

# Contextualisation

---

- 1** Contextualisation
- 2** Ingénierie Système
- 3** Réalisations et tests des fonctions
  - Partie terrestre
  - Partie Aérienne
- 4** Démonstration
- 5** Analyse des résultats

# L'essentiel du concours *ERL*

- Scénario d'exploration et de sauvetage.
- Robots terrestres et aériens.
- Tâches.
  - ▶ Autonomie.
  - ▶ Sauvetage : Dépôt d'une trousse de soin.
  - ▶ Cartographie *2D et 3D*.
  - ▶ Détection des OPI.



**Figure** – Robots aériens et terrestres utilisés pendant la compétition.

# Analyse du besoin

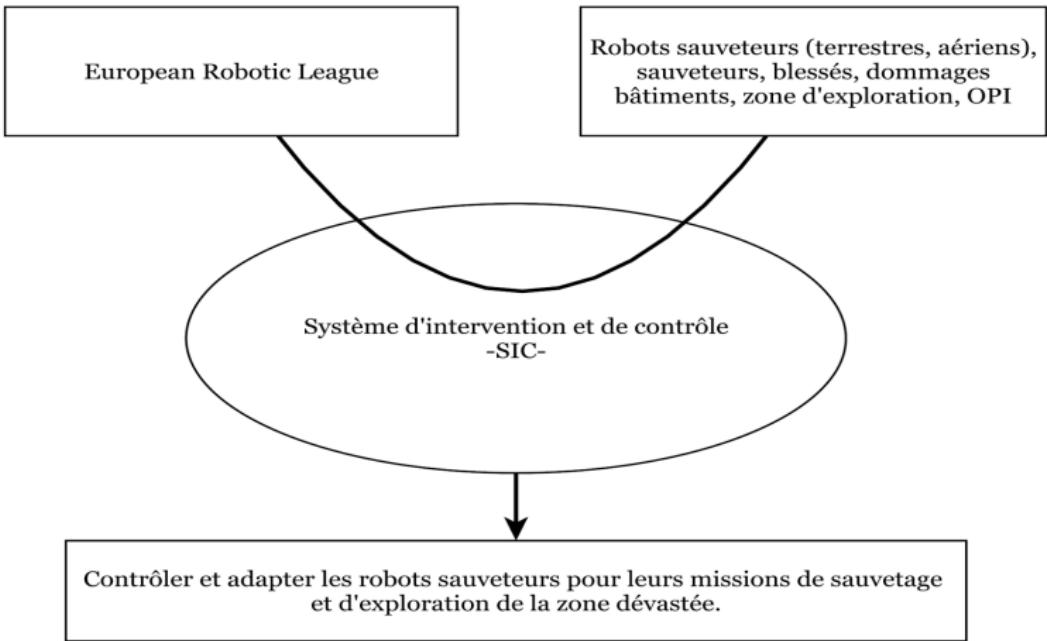


Figure – Diagramme bête à cornes : la raison d'être du projet.

# Environnement d'évolution

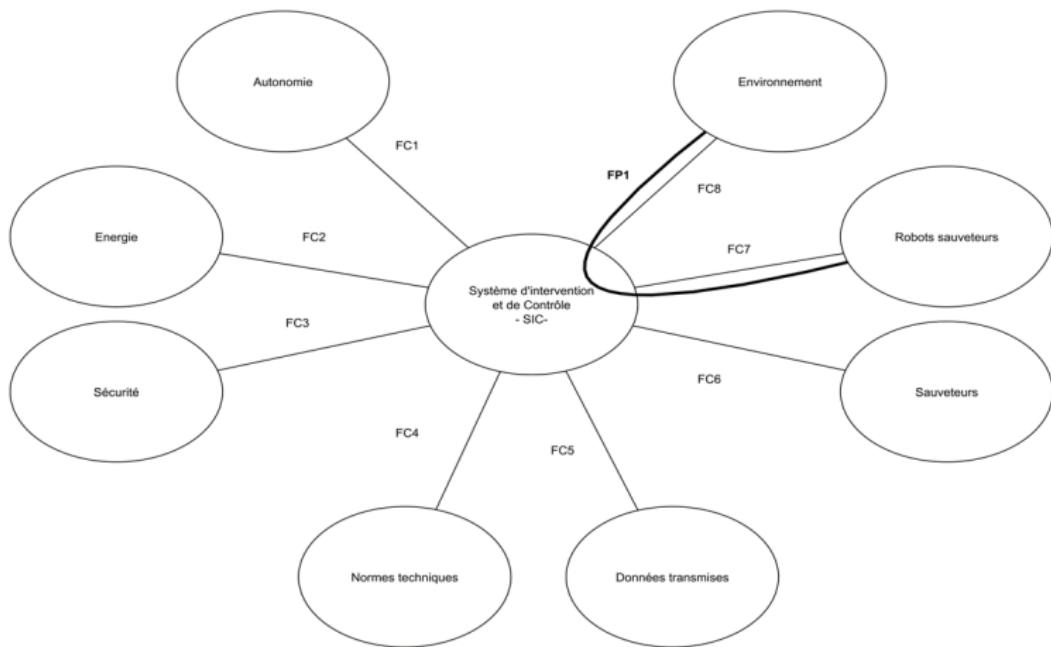


Figure – Diagramme pieuvre : les acteurs extérieurs.

# Ingénierie Système

---

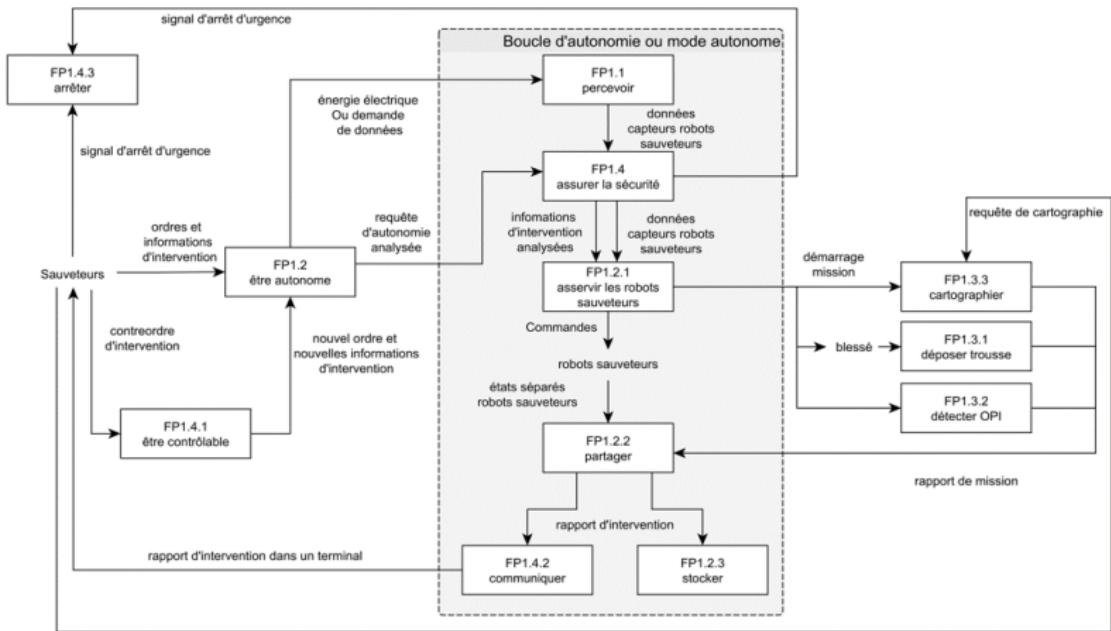
- 1 Contextualisation
- 2 Ingénierie Système
- 3 Réalisations et tests des fonctions
  - Partie terrestre
  - Partie Aérienne
- 4 Démonstration
- 5 Analyse des résultats

# Exigences et fonctions

---

- Démarche : cahier des charges du concours.
- Groupements logiques d'exigences :
  - ▶ Analyse de l'environnement, autonomie, missions, sécurité.
- Fonctions réalisées :
  - ▶ contrôle et asservissement du robot terrestre : suivi de waypoints. (FPI.2.1)
  - ▶ Perception du milieu : lidar, caméra. (FPI.1)
  - ▶ Partage des informations avec les sauveteurs.
  - ▶ déposer une trousse de soin. (FPI.3.1)
  - ▶ détection d'OPI. (FPI.3.2)
  - ▶ Cartographie intérieure et extérieure. (FPI.3.3)
  - ▶ sécurité. (FPI.4)

# Architecture fonctionnelle

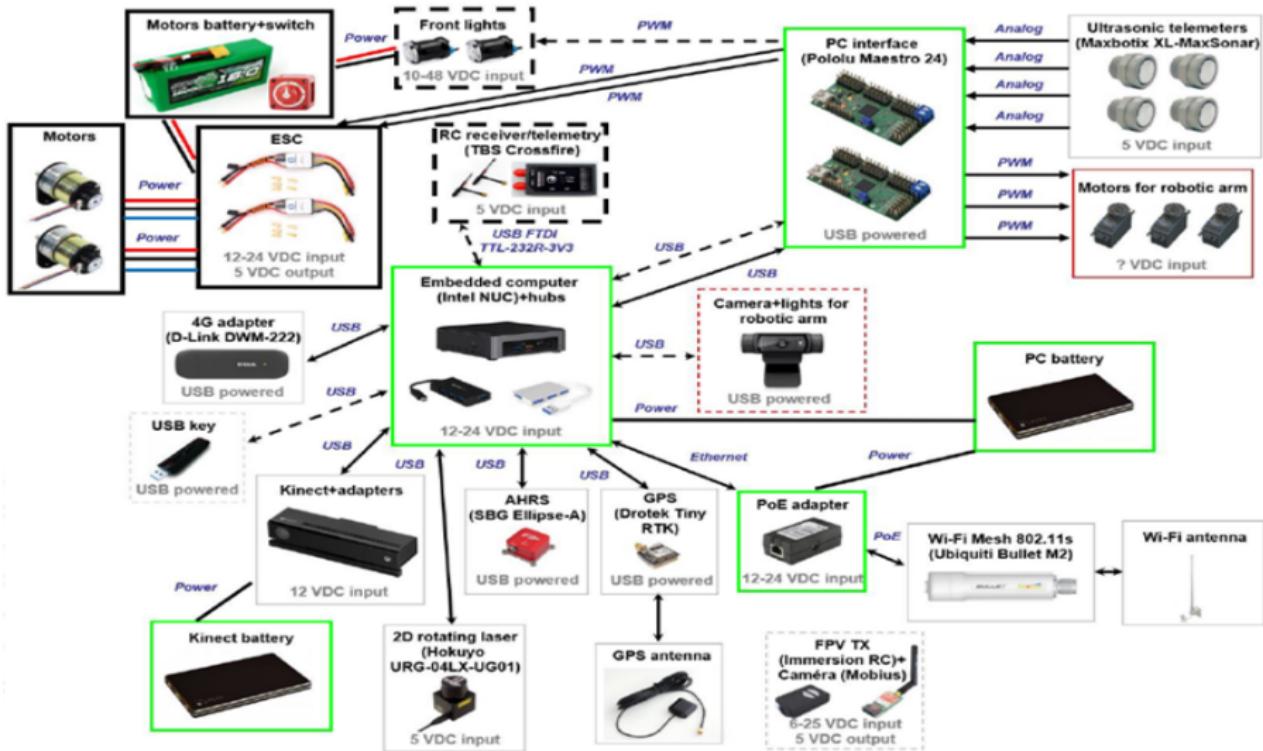


# Réalisations et tests des fonctions

---

- 1 Contextualisation
- 2 Ingénierie Système
- 3 Réalisations et tests des fonctions
  - Partie terrestre
  - Partie Aérienne
- 4 Démonstration
- 5 Analyse des résultats

# Architecture matérielle : robot six roues



# Suivi d'itinéraire, évitemen t d'obstacles

- Objectif : Joindre des coordonnées GPS.
- Eviter des obstacles.
- Problèmes des objets bas.
- Recherche du plus court chemin : *A-STAR*.

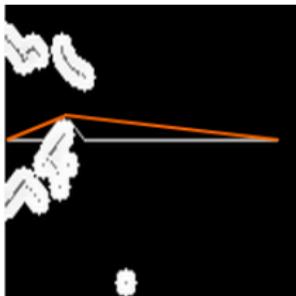


Figure – Géodésique.

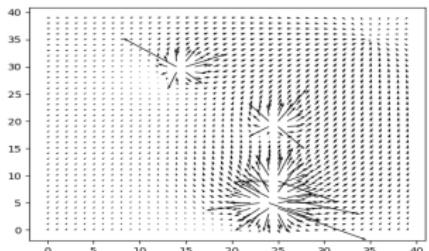


Figure – Itinéraire,  
Potentiels artificiels.

# Points d'intérêts

- Objectif : identifier des points d'intérêts.
- Trois couleurs : rouge, vert, et bleu.
- Julien Damers.
- Entrée, sortie du bâtiment.
- Mannequin.

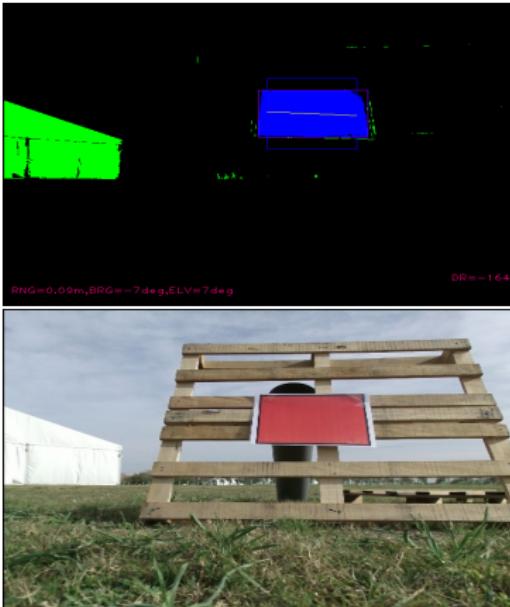


Figure – Traitement par OpenCV.

# Dépôt de la trousse de soin

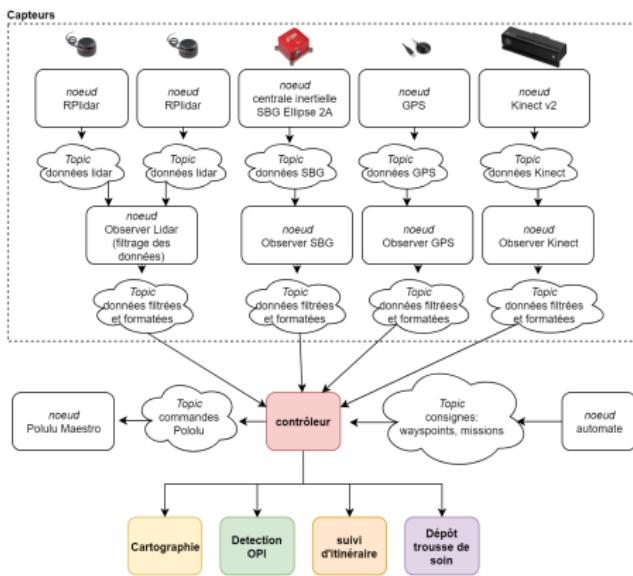
- Problème posé.
- Idée de la benne.
- Solutions adverses.
- Tests d'intégration, unitaire.
  - ▶ résistance des servomoteurs.
  - ▶ Angles de bascule.
  - ▶ Châssis en deux parties.



Figure - Sauvetage.

# Architecture Logicielle

- Problème posé : cartographie 3D.
- Solution : *ROS*. (Robotic Operating System)
- Architecture logicielle.



**Figure** - Architecture *ROS* : robot six-roues.

# Cartographie

## Cartographie 3D.

- caméra *RGB-D*.
- *SLAM*.
- *ROS*.
- nuage de points.
- Vitesse du robot.



Figure – Résultat d'une cartographie.

# Réalisations et tests des fonctions

---

- 1 Contextualisation
- 2 Ingénierie Système
- 3 Réalisations et tests des fonctions
  - Partie terrestre
  - Partie Aérienne
- 4 Démonstration
- 5 Analyse des résultats

# Le quadrirotor

- Objectif : autonomie du quadrirotor.
- Théorie : Le modèle du quadrirotor.
- Simulation : asservissement du quadrirotor en position.

$$\left\{ \begin{array}{lcl} \dot{\mathbf{p}} & = & \mathbf{R}(\varphi, \theta, \psi) \cdot \mathbf{v}_r \\ \left( \begin{array}{c} \dot{\varphi} \\ \dot{\theta} \\ \dot{\psi} \end{array} \right) & = & \left( \begin{array}{ccc} 1 & \tan \theta \sin \varphi & \tan \theta \cos \varphi \\ 0 & \cos \varphi & -\sin \varphi \\ 0 & \frac{\sin \varphi}{\cos \theta} & \frac{\cos \varphi}{\cos \theta} \end{array} \right) \cdot \boldsymbol{\omega}_r \\ \dot{\mathbf{v}}_r & = & \mathbf{R}^T(\varphi, \theta, \psi) \cdot \left( \begin{array}{c} 0 \\ 0 \\ g \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} 0 \\ 0 \\ -\frac{\tau_n}{m} \end{array} \right) - \boldsymbol{\omega}_r \wedge \mathbf{v}_r \\ \dot{\boldsymbol{\omega}}_r & = & \mathbf{I}^{-1} \cdot \left( \left( \begin{array}{c} \tau_1 \\ \tau_2 \\ \tau_3 \end{array} \right) - \boldsymbol{\omega}_r \wedge (\mathbf{I} \cdot \boldsymbol{\omega}_r) \right) \end{array} \right\}$$

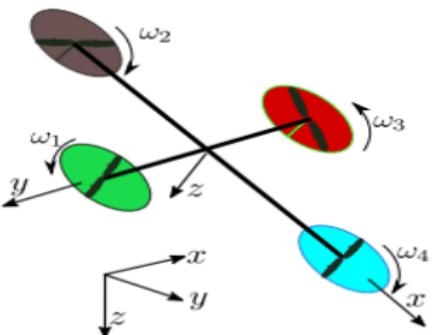


Figure – Quadrirotor.

# L'Autopilotage

- Objectif : stabiliser et réguler le quadrirotor en pratique.
- Autopilote.
- Mission Planner.
- MAVProxy.
- Simulation avec SITL.



Figure - Autopilote.

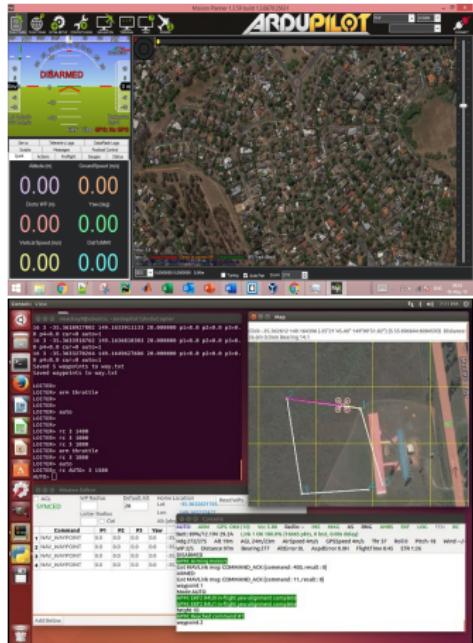


Figure - Mission Planner et MAVProxy.

# Démonstration

---

- 1 Contextualisation
- 2 Ingénierie Système
- 3 Réalisations et tests des fonctions
  - Partie terrestre
  - Partie Aérienne
- 4 Démonstration**
- 5 Analyse des résultats

# Scénario de la démonstration

---

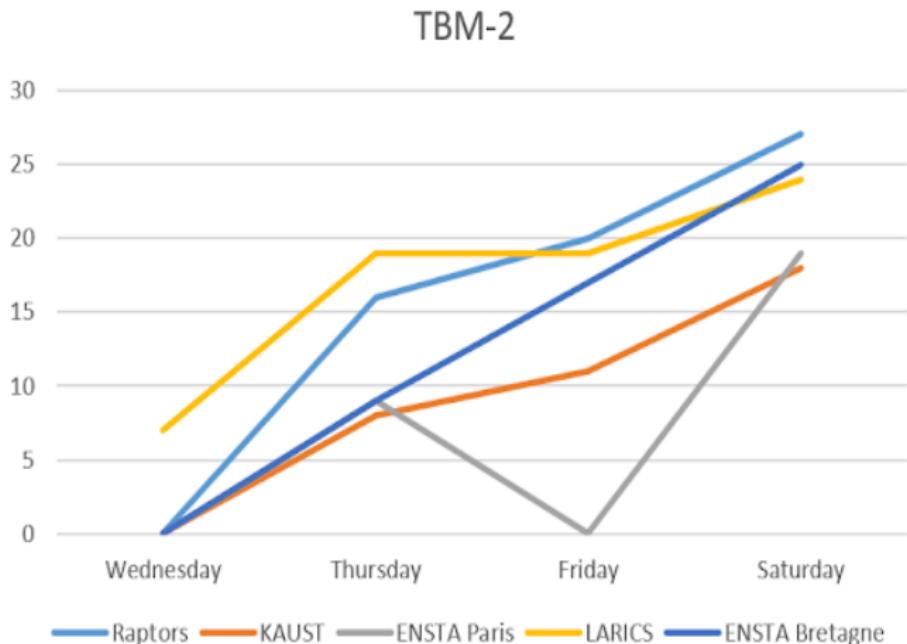
- Lors du concours ERL. (18-23 février 2019)
- Robot six roues.
- Evolution autonome : suivie de waypoints. (FPI.2.l)
- Dépôt de la trousse de soin. (FPI.3.l)
- Cartographie 3D. (FPI.3.3)

# Analyse des résultats

---

- 1 Contextualisation
- 2 Ingénierie Système
- 3 Réalisations et tests des fonctions
  - Partie terrestre
  - Partie Aérienne
- 4 Démonstration
- 5 Analyse des résultats

# Le Verdict : la compétition 2019



# Conclusion

---

- Le système *S/C* n'est pas achevé.
- Une base terrestre fiable et robuste a été réalisée.
- Résultats concluants de la compétition 2019.

---

Merci de votre attention.

---

# Annexe

---

- 1 Contextualisation
- 2 Ingénierie Système
- 3 Réalisations et tests des fonctions
  - Partie terrestre
  - Partie Aérienne
- 4 Démonstration
- 5 Analyse des résultats

# Architecture physique

