



POLYTECHNIQUE
MONTREAL

LE GÉNIE
EN PREMIÈRE CLASSE

Dernière modification: 22 janvier 2021

INF3995: Projet de conception d'un système informatique Hiver2021 Exigences Techniques

Système aérien minimal pour exploration : Exigences Techniques

Présenté par :

Samuel Arseneault, chargé de laboratoire
Pierre-Yves Lajoie, chargé de laboratoire
Giovanni Beltrame, professeur

1 But du document

Le présent document complète l'appel d'offres H2021-INF3995 en précisant les exigences techniques dont les soumissionnaires devront tenir compte pour présenter des propositions conformes. Les propositions devront détailler et démontrer comment ces exigences pourront être rencontrées. Elles devront également servir de point de départ à l'élaboration du calendrier des diverses tâches à réaliser.

2 Aperçu du produit demandé

Le système demandé est un ensemble de logiciels qui permet à un essaim composé d'un nombre arbitraire de drones (quadricoptères) miniatures (<250 grammes) d'explorer une pièce d'un bâtiment de moyenne dimension avec un capteur laser et reporter ces informations à une interface opérateur basée sur le Web. Un opérateur, en utilisant cette interface doit être en mesure de démarrer le système, l'arrêter, et mettre à jour le logiciel de bord des drones. Le système à concevoir est composé de deux parties (voir Fig. 1) :

- Station au sol : il s'agit d'un ordinateur avec une interface Web qui peut communiquer avec les drones à travers un canal de communication à 2.4 GHz. Nous supposons qu'au moins un robot de l'essaim est toujours en communication avec la station au sol ;
- Partie embarquée : il s'agit des drones et du logiciel qui roule sur leur micro-contrôleur de bord. Les drones communiquent entre eux et avec la station à travers un canal de communication à 2.4 GHz.

L'opérateur utilise un navigateur web pour contrôler le système et visualiser les données générées par les drones. Le produit complet devra être livré accompagné d'une démonstration vidéo

qui montre les fonctionnalités du système.

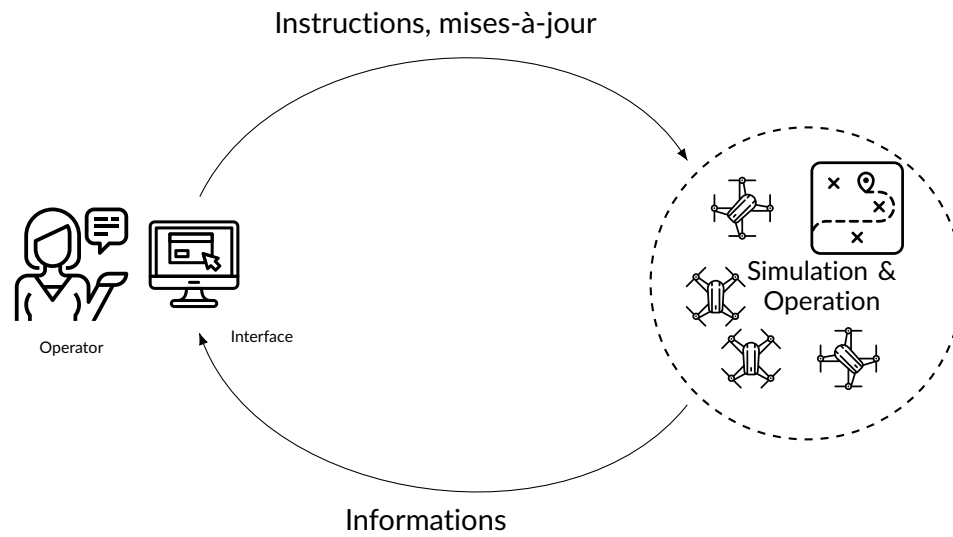


Figure 1 – Structure du produit demandé

3 Requis

Les requis du système sont numérotés et classifiés selon leur niveau de criticité : tout requis est considéré obligatoire à moins qu'il soit spécifié différemment.

4 Requis fonctionnels

R.F.1 Une fois la commande de départ reçue, les drones doivent être capables de parcourir le périmètre d'une pièce de max 100 m^2 en absence d'autres commandes de la station au sol.

R.F.2 Le système doit être conçu pour fonctionner idéalement avec un nombre arbitraire de drones, ne tenant pas compte du système de communication avec la station au sol, mais jamais moins que deux (2).

R.F.3 Les drones doivent éviter les obstacles sur leur chemin, incluant les autres drones.

R.F.4 L'essaim de drones doit répondre au minimum aux commandes suivantes, disponibles sur l'interface utilisateur :

- Take-off/Start mission
- Land/End mission
- Software update
- Return to base

R.F.4.1 L'interface doit permettre la mise à jour du logiciel sur les drones seulement lorsqu'ils sont au sol. La mise à jour doit être implémentée comme l'envoi d'un paquet binaire en utilisant l'API de BitCraze.

R.F.4.2 Le retour à la base doit rapprocher les drones de la station à terre pour qu'ils soient à moins de 1 m. Il n'y a pas de requis concernant l'orientation et la position finales.

R.F.4.3 Le retour à la base et l'atterrissage doit être activé automatiquement dès que le niveau de batterie devient moins de 30%. Les drones ne doivent pas décoller avec un niveau de batterie inférieur à 30%.

R.F.5 L'interface utilisateur doit montrer les informations suivantes, mises à jour avec une fréquence minimale de 1 Hz :

1. Nombre des drones
2. État des drones (standby, in-mission, crashed)
3. Vitesse courante des drones
4. Niveau de batterie des drones
5. Carte générée durant l'exploration
6. [OPTIONNEL] Position des drones
7. [OPTIONNEL] Éditeur pour le code du drone

R.F.6 L'algorithme d'exploration de l'environnement n'a pas de contraintes. Cela peut être une séquence de mouvements aléatoires (random walk), mais la carte générée par les drones doit rassembler l'environnement exploré. La précision de la carte n'est pas sujette de requis.

R.F.7 L'intégration des mesures des différents drones est faite par la station au sol en supposant que les positions et orientations initiales des drones sont connues ou [OPTIONNEL] en résolvant un problème d'optimisation permettant d'inférer la carte la plus plausible selon les données recueillies (*Maximum Likelihood Estimation*).

5 Requis matériels

R.M.1 Le prototype doit être implémenté avec deux drones Bitcraze Crazyflie 2.1 avec le « STEM Ranging bundle » complètement installé, fournis par l'Agence

R.M.2 Le seul moyen de communication entre la station au sol et les drones doit être **une seule** Bitcrazy Crazyradio PA connectée à la station au sol, fournie par l'Agence

R.M.3 Les drones doivent avoir seulement le « ranging deck » et le « optical flow deck » installés pour opérer

R.M.4 La station au sol doit être un laptop ou PC avec une Crazyradio PA connecté par porte USB

6 Requis de conception

R.C.1 Le système doit suivre un processus de conception qui valide l'approche en simulation avec le simulateur ARGoS **avant** l'expérimentation sur le matériel.

R.C.2 Chaque composant du logiciel doit avoir un test unitaire correspondant.

R.C.3 Le système de développement logiciel doit avoir un ou plusieurs tests de régression qui valident chaque addition ou retrait de code

R.C.4 Le système doit être testable dans un environnement virtuel ARGoS avec une seule commande sur un terminal Linux (p.ex. avec docker-compose)

R.C.5 L'environnement virtuel pour les tests dans ARGoS doit pouvoir être généré aléatoirement

R.C.6 La simulation de la mise à jour du logiciel avec ARGoS n'est pas nécessaire

7 Requis logiciel

R.L.1 Les drones doivent être programmés en utilisant l'API de BitCraze. Cependant, il est possible d'utiliser une machine virtuelle basé sur l'API à bord du drone (p.ex. la machine virtuelle de Buzz, BVM).

R.L.2 Les drones doivent communiquer en utilisant l'API pour la communication P2P de BitCraze. L'utilisation d'un serveur comme relais des messages entre les drones est interdite.

R.L.3 La distance entre les drones et la station au sol (pour le retour à la base) doit être estimée à travers la puissance de signal (RSSI) reçue par le Crazyradio PA

R.L.4 L'interface de contrôle doit être disponible comme service Web et visualisable sur plusieurs appareils (PC, tablette, téléphone...) via réseau

R.L.5 L'opérateur du système doit avoir un moyen de vérifier que le système de collecte de données opère correctement et que les données elles-mêmes sont manipulées correctement (logs). Il n'y aura pas de format précis imposé pour fournir les informations jugées pertinentes à l'opérateur. Cependant, le format devra être standardisé.

R.L.6 Les drones envoient les mesures du « ranging deck » durant l'exploration à la station au sol avec une fréquence minimale de 1 Hz

8 Requis qualité

R.Q.1 Le format (indentation, style de commentaires, boucles...) du code doit être le même pour tous les fichiers.

R.Q.2 Les classes fonctions et lignes de code doivent avoir des longueurs et des complexités raisonnables.

R.Q.3 Les noms des variables, fonctions, classes, etc. doivent être clairs et respecter les conventions de nommage.

R.Q.4 L'organisation (hiérarchie) des fichiers de code doit être irréprochable.

9 Livrables

9.1 Preliminary Design Review (PDR)

Les contractants doivent montrer un prototype minimal ainsi que la documentation de gestion projet au moment du PDR :

- Simulation ARGoS avec deux drones qui suivent un parcours quelconque.
- Serveur web sur la station au sol avec une page qui montre le niveau de batterie des drones et avec un bouton qui allume ou éteint leurs DEL.

9.2 Critical Design Review (CDR)

Pour le CDR, les contractants doivent fournir un prototype avec les fonctionnalités suivantes :

- Simulation ARGoS avec 4 drones qui volent dans un environnement avec murs générés aléatoirement
- Les drones dans la simulation utilisent des capteurs de distance (comme le ranging deck) pour éviter les obstacles et décider leur parcours
- Serveur web interfacé avec la simulation ARGoS
 - Commandes « Take off » et « Return to base » implémentées
 - Interface du système implémenté selon le requis R.F.5
- Code embarqué sur les drones qui envoie les mesures du ranging deck selon les requis R.F.5 et R.L.6
- Un prototype de visualisation de la carte générée par les robots

9.3 Readiness Review (RR)

Pour le RR, les contractants doivent fournir les logiciels (embarqués et non) et la documentation qui respectent tous les requis indiqués par ce document. Les contractants doivent aussi fournir :

- Un vidéo montrant le fonctionnement du système en simulation et avec des vrais robots
- Tout script nécessaire pour lancer une simulation du système avec une seule commande sur Linux