

## Pôle Innovation Technique IDEA<sup>3</sup> - Fiche synthétique de Besoin

### Intitulé du projet

**FS37 - COLIBOT - L'Intelligence Artificielle aux commandes d'un colis autoguidé**

#### 1 - Entité à l'origine du besoin

**DGA Techniques aéronautiques / Divisions Aéromobilité & Système Informatique Embarqué**

#### 2 - Contexte - Faits initiateurs

L'augmentation de l'autonomie et des performances des systèmes dans le domaine des drones, de la robotique ou encore des missiles représente un enjeu majeur pour le MINARM. L'Intelligence Artificielle appliquée à la thématique du guidage/contrôle de tels systèmes est perçue comme une piste prometteuse mais nécessite de monter en maturité et d'être évaluée de façon concrète sur des systèmes réels et non seulement en simulation.

Cela implique de s'intéresser à diverses problématiques comme la représentativité du système simulé par rapport au système réel, l'embarquabilité des algorithmes à base d'IA, l'expérimentation en vol, les critères de validation et de qualification, etc. De par sa facilité à répondre aux contraintes d'expérimentation aérienne et son intérêt opérationnel pour les Forces, le développement d'un prototype de « Colis autoguidé » par des algorithmes d'Apprentissage par Renforcement (RL) est un candidat idéal pour expérimenter et progresser dans le domaine de l'IA embarquée

#### 3 - Description du besoin technico-opérationnel, du cas d'usage, ...

Réaliser un prototype de système embarqué permettant de piloter un « Colis aérolargué » (parachute aile + charge utile) à l'aide d'algorithmes d'IA basés sur la technologie de l'Apprentissage par Renforcement (RL - Reinforcement Learning) lui permettant ainsi d'assurer un vol autonome.

Disposer d'un système de colis autonome (pas de solution française disponible à notre connaissance) potentiellement plus performant (en précision et douceur de posé) que les systèmes actuellement disponibles et permettant à DGA TA de réaliser des vols d'essais en conditions réelles.

#### 4 - Spécifications techniques, opérationnelles et performances souhaitées

Le développement d'un colis autoguidé comportant : un boîtier de navigation autonome (BNA), embarquant un logiciel de vol à base d'IA (RL) permettant de manœuvrer un parachute aile d'une surface de voile d'environ 50m<sup>2</sup> et un assujetti à :

- Un parachutiste (configuration 1 appelée MANPACK), c'est-à-dire que le BNA est placé sur le buste du parachutiste (ventral) et fixé sur son harnais, de sorte à ne pas altérer ces mouvements. Ceci implique une limitation en dimension à 25kg max et 41\*41\*18cm<sup>3</sup> (L\*e\*H). Cette configuration, permet au parachutiste une reprise en main du vol à tout moment, en cas de vol en perte.
- Une charge utile (configuration 2 appelée PADS), c'est-à-dire que le BNA est placé entre la charge utile et le parachute, au moyen d'un harnais adapté. La charge utile est une

caisse à vocation de lest, ne dépassant pas les dimensions 80\*80\*80cm<sup>3</sup>, de sortes à pouvoir être larguer par les portes latérales d'un aéronef.

La masse totale de l'ensemble (parachute + BNA + charge utile) devant aller de 150 à 250kg maximum.

Les hauteurs de largage peuvent avoir lieu de 1500m jusqu'au FL120 pour la conf. 1 et de 200m jusqu'au FL120 en conf. 2, pour une vitesse de max de 130kias.

A la suite d'une chute libre, les manœuvres de vol autonome débutent au moment où les commandes du BNA sont connectées au parachute et sur décision du parachutiste (configuration 1) ou que le parachute est ouvert (configuration 2).

La gestion du vol est gérée de manière autonome par le système embarqué dans le BNA, de la connaissance de son état de vol (navigation) en passant par sa stratégie de vol (guidage) et jusqu'aux actions de manœuvre (pilotage).

Les performances attendues du système sont en terme de précision de posé : rejoindre un cercle inscrit dans un rayon de 100m autour d'un point cible et avec une vitesse la plus faible possible ( $V_{\text{horizontale}} < 12\text{m/s}$ ,  $V_{\text{verticale}} < 7\text{m/s}$ ) dans des conditions environnementales pouvant être contraignantes (vent moyen, turbulence, rafale, topographie, etc.).

La stratégie de guidage est basée sur un modèle d'apprentissage par renforcement établie depuis une plateforme logicielle dédiée, couplée à un simulateur de vol, disposant de modèles fiables et représentatifs du parachute et des conditions environnementales de vol.

## 5 - Contraintes : techniques, opérationnelles, environnementales, Sécurité des personnes et biens, sécurité SI, ...

- **Développements logiciel** : le framework logiciel utilisé devra être basé ou compatible avec des outils open source (Pytorch par exemple) et compatible avec le système d'exploitation Linux Ubuntu 22.04.

Le titulaire doit mettre en place un processus de développement orienté Agile utilisant l'approche CI/CD (Continuous Integration / Continuous Delivery-Deployment) et permettant la planification et la gestion du développement logiciel.

- **Plateforme d'apprentissage par renforcement et simulation** : Afin d'accélérer les traitements, la phase d'entraînement du modèle devra s'appuyer sur des technologies supportant le traitement en parallèle ou « multiprocessing » CPU et GPU (stable-baselines par exemple). Une IHM devra permettre de consulter et modifier facilement les hyperparamètres, les paramètres liés à l'environnement de vol (dynamique du vol de parachute, terrain, vent, atmosphère). Lors de la phase d'évaluation du modèle entraîné (« run »), un simulateur avec affichage en 3D devra représenter l'évolution de l'agent (colis) et des paramètres de vol dans son environnement tout au long de l'essai. Le logiciel embarqué utilisé lors de la phase d'essais en vol devra fonctionner sur une cible matérielle à faible consommation énergétique (Raspberry Pi par exemple)

- Logiciel de développement/configuration/exploitation : Elaboration d'une suite logicielle inter-opérante afin de permettre la configuration/le paramétrage du logiciel embarqué, l'interfaçage avec le simulateur, la planification d'une mission de vol autonome, l'exploitation de données de vol à posteriori. Le recours à un middleware type ROS (Robot Operating System) serait un plus.

- Composante embarquée :

**Étanchéité : IP67**

**Tenue au choc : ouverture du parachute (10g, 500ms), posé (1m du sol) ;**

**Compatibilité électromagnétique : Normes STANAG 4370/AECTP500/catégorie 501 et NORMDEF 301-1 et 2 ou élaboration d'une solution éteinte en soute et sans émission ;**

**Aérolargage : compatible configuration MANPACK et PADS, prise des commandes du parachute par connexion manuel (conf.1) et automatique (conf.2) ;**

**Tenue environnementale : Température [-15 ; 40°C], variation de pression 4hPa/s dans la plage [500hPa ; 1030hPa] ;**

**Interface : IHM simple permettant à minima de s'assurer de la bonne implémentation de la mission et du bon fonctionnement système avant largage (état batterie, etc.).**

- Pérennisation/capitalisation : Etablissement d'un NDA (Accord de Non-Divulgence), d'un rapport de conception (architecture, nomenclature, tests de validation), de manuels d'utilisation, transfert de propriété intellectuelle au seul besoin de DGA, etc. ;

## 6 - Résultats attendus

**Lot 1 : Une plateforme d'apprentissage par renforcement RL avec son simulateur permettant de générer un logiciel de vol de contrôle commande du colis autoguidé compatible avec le système embarqué ;**

**Données d'entrées (fournies par DGA TA) : Modèle de dynamique du vol de parachute, modèle de vent, modèle de relief, modèle d'atmosphère.**

**La validation de ce lot se basera sur la conception effective de cette plateforme intégrant les principales contraintes (vent, parachute, relief), son ergonomie et l'analyse des résultats (performances de calcul, performances au posé, etc.).**

**Le code source des développements logiciels devra être fourni.**

**Lot 2 : Le boîtier de navigation et son système de navigation embarquée du colis autoguidé adapté aux contraintes d'essais en vol ;**

**Données d'entrées (fournies par DGA TA) : parachute, colis, harnais et accastillage (assujettissement).**



La validation de ce lot se basera sur la production effective de ce boîtier tant d'un point de vue mécanique, hardware (équipement informatique) que software (logiciels). Il sera notamment observé la pertinence du choix des composants, de l'analyse des tests de bon fonctionnement de l'ensemble (exemple : sur banc d'essai type Hardware in the Loop) et sur la validation de l'assujettissement de la solution lors de vols d'essais sur un parachutiste (conf. 1) ou une charge utile (conf. 2) ainsi que sur le parachute. L'implémentation effective de fonctions logiciels seront également observés : paramétrage/configuration, planification de mission, interopérabilité avec le simulateur (Hardware in the Loop), analyse des données de vol (tableur, graphiques, rejeu).

Lot 3 : Un rapport de conception et d'évaluation des performances de la solution dans un environnement simulé et suite aux essais réels en vol réalisés par DGA TA. Un manuel d'utilisation par logiciel développé (plateforme, simulateur, développement/configuration/exploitation).

La validation de ce lot se basera sur la capacité du Titulaire à capitaliser les informations sur la solution développée et l'analyse qui en est faite au final.

## 7 - Utilisateurs potentiels

Experts DGA en IA et en Aérolagage, forces spéciales et potentiellement l'EMAT et l'EMAAE

8 – Date (dernière mise à jour du document) : 15 juin 2023

9 - Contact : [dga-ta-idea3.contact.fct@intradef.gouv.fr](mailto:dga-ta-idea3.contact.fct@intradef.gouv.fr)

**Important** : L'Appel à Manifestation d'Intérêt du Pôle Innovation Technique de Défense IDEA3 est publié en application de l'article R.2311-1 du code de la commande publique