Kit éducatif mettant en œuvre une technologie d’Intelligence Artificielle

**Rapport de faisabilité**

Ce document présente la réponse aux exigences du cahier des charges

|  |  |
| --- | --- |
| **Contraintes sur le plan technique** | |
| * Pour ce qui concerne la partie matérielle seront à privilégier les composants (cartes de prototypage et capteurs MEMS) fabriqués par la société STMicroelectronics. | Le Robot développé est constitué des fonctions et composants suivants :   * **Motorisation :**   + 4x motoréducteur à courant continu commandé par un pont en H (L298 de STMicroelectronics).   + 4x capteur de type codeur incrémental 1 voie (disque ajouré et fourche optique) est couplé en sortie d’axe du motoréducteur. * **Carte microcontrôleur :**   + NUCLEO-WB55 de STMicroelectronics avec Bluetooth basse consommation (BLE).   + Processeur STM32 Arm Cortex M4 32Mhz.   + 1Mo Flash.   + 256 ko SRAM. * **Capteurs :**   + Shield Multi sensor (MEMS) X-NUCLEO IKS01A3 (STMicroelectronics) :     - Accéléromètre 3 axes LIS2DW12 (STMicroelectronics).     - Magnétomètre 3 axes LIS2MDL (STMicroelectronics).     - IMU (Accéléromètre + Gyroscope) 3 axes LSM6DSO (STMicroelectronics).     - Capteur pression atmosphérique LPS22HH (STMicroelectronics).     - Capteur humidité et température HTS221 (STMicroelectronics).     - Capteur température STTS751 (STMicroelectronics).   + 4x (ou 6) Time of Flight VL53L0X (STMicroelectronics) :     - Mesure distance au sol (Détection des vides et des obstacles bas).     - Mesure distance périmètre   + Sonar : Mesure distance obstacles :     - Servomoteur 180°.     - Capteur US HC-SR04. * **IHM (affichage et boutons poussoirs) :**   + Afficheur OLED (128x64).   + Stick 8 LED RGB.   + 3 x bouton utilisateur.   + Télécommande Smartphone (via BLE) |

|  |  |
| --- | --- |
| * Pour ce qui concerne la partie logicielle embarquée gérant l’IA, les technologies de la société STMicroelectronics sont un prérequis, notamment la technologie *Nano Edge AI*. | Le code embarqué du robot a été entièrement développé à l’aide de l’API Arduino pour STM32 ciblant spécifiquement les microcontrôleurs, capteurs et composants de contrôle moteurs de la société STMicroelectronics, identifiés dans la *partie matérielle.*  Le code a été développé en deux phases :   1. Contrôleur PID, systèmes anticollisions et commande à distance du robot par la technologie BLE implémentée dans le SoC STM32WB55 équipant la carte NUCLEO. Cette première étape était un prérequis à la mise en œuvre de la technologie d’IA embarquée Nano Edge AI, qui nécessite un contrôle fin de la vitesse de déplacement du robot. 2. Ajout de la bibliothèque « Fault Detection » de Nano Edge AI dans le code embarqué du robot, qui lui permet de détecter un changement de la nature du sol sur lequel il roule en analysant en temps-réel les vibrations de celui-ci, via le MEMS accéléromètre LIS2DW12.   La bibliothèque a été testée avec succès et a démontré ses facultés d’apprentissage à l’intérieur du SoC.  La partie IA est elle-même déclinée en deux codes embarqués pour sa mise en œuvre :   1. Un premier code permettant d’enregistrer les données produites par l’accéléromètre et de les récupérer sous forme de fichiers CSV via la liaison radio BLE pour ensuite les charger dans le logiciel Nano Edge AI Studio (sur un PC).   A l’issue de cette étape, après plusieurs centaines de milliers d’itérations, Nano Edge AI Studio produit les fichiers source en langage C qui contiennent un algorithme d’intelligence artificielle « sur mesure » qui pourra à la fois apprendre puis réaliser l’inférence à l’intérieur du STM32WB5.  Un deuxième code, compilé avec la bibliothèque d’IA produite à l’étape précédente, qui permet au robot d’apprendre un sol de référence puis de repérer ensuite un sol différent s’il roule dessus.   1. La phase d’apprentissage peut être réalisée directement sur le robot en salle de classe, à l’aide de la télécommande BLE, et testée sur différents types de sol en quelques minutes, ce qui permet de démontrer aisément aux étudiants l’intérêt de la technologie apprenante d’IA embarquée par comparaison avec les algorithmes de traitement du signal classiques ou encore les approches de type « réseaux de neurones » qui ne pourraient pas s’exécuter sur le STM32WB55 en temps-réel.   Ce deuxième code permet bien évidemment de démontrer (avec succès) le bon comportement de l’IA embarquée à l’issue de la phase d’apprentissage.  Enfin, un logiciel de télécommande et remontées d’informations depuis le robot, par une connexion radiofréquence BLE, a été développé.  Il utilise un SoC STM32WB55 connecté à un ordinateur de type PC et permet la mise en œuvre de divers scénarios d’Expérimentation Assistée par Ordinateur en salle de classe. |
| **Attentes sur le plan pédagogique** |  |
| * Le kit éducatif envisagé devra être utilisable en salle de classe et donc respectueux des contraintes de sécurité et sanitaires pour cet environnement. Il devra aussi être conçu selon un objectif pédagogique, pour être aisément manipulé par les enseignants et les élèves du/des nouveau(x) ciblé(s) | Le robot a été conçu pour une mise en oeuvre très simplifiée par un élève. Le pilotage est réalisé à partir d’une interface sur PC. |
| * L’étude devra montrer dans quelles conditions et pour quels cas d’usages les matériels et les logiciels proposés seront adaptés. Elle devra également donner des exemples ou à minima des pistes étayées d’activités pour les élèves et de ressources pédagogique pertinentes liées à ces activités. | Le robot évoluera sur une table sur laquelle seront déposés plusieurs types de revêtement de sols permettant de réaliser l’apprentissage en IA  Les pistes d’activités pédagogiques sont décrites dans le document ‘’Analyse pédagogique’’ |

|  |  |
| --- | --- |
| **Délivrables minimum attendus** | |
| A l’issue de cette étude de faisabilité, il est attendu du prestataire les réalisations suivantes : | |
| * Au moins un montage électronique ou électromécanique (par exemple un robot) muni d’une IA embarquée qui lui procure des capacités d’apprentissage et d’adaptation dans le cadre d’un scénario pédagogique réalisable en salle de classe. | Cinq Robots ont été fabriqués, assemblés et testés. Un programme mettant en œuvre des technologies d’intelligence artificielle a été implémenté.  Ce programme permet, après un apprentissage, de reconnaitre des types de sol différents de celui qui aura été utilisé lors de la phase d’apprentissage.  Lorsque le robot circule sur un sol différent de celui « appris », les LEDs du Stick clignoteront en rouge. |
| * Tous les logiciels et toutes les documentations nécessaires à la mise en œuvre des montages proposés, y compris les livrets d’activités à l’attention des enseignant et/ou des élèves/étudiants. | Les logiciels et la documentation nécessaires à la mise en œuvre du robot sont inclus dans l’archive jointe à ce rapport de faisabilité. |

**Conclusion** : **La faisabilité demandée dans le cahier des charges est validée par, les réalisations, les programmes informatiques développés, la mise au point, les tests et l’analyse pédagogique.**