Client : **ELSYS-DESIGN**

Projet : **ROBOT HOLONOME V3**

Titre : **SPECIFICATIONS TECHNIQUES**

Référence : **22-9999**

Version : **A**

Nombre de pages :

Langage : **FR**

**OBJET :** L’objet de ce document est de décrire les spécifications matérielles et logicielles du robot de surveillance du sujet de stage ‘Robot holonome V3’.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Auteur** | **Auteur** | **Auteur** | **Validé** | **Validé** | **Approuvé** |
| Tristan CORNIERE | Lenny LAFFARGUE | Isabelle VAN LEEUWEN |  |  |  |
| **Signature** | **Signature** | **Signature** | **Signature** | **Signature** | **Signature** |

**HISTORIQUE DES MODIFICATIONS**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***Version*** | ***Date*** | ***Auteur(s)*** | ***Description des modifications*** |
| A |  | Tristan CORNIERE  Lenny LAFFARGUE  Isabelle VAN LEEUWEN | Création du document |

Table of contents

|  |  |
| --- | --- |
| **Acronyme** | **Définition** |
| **ELSYS** | **ELSYS DESIGN** |
| **ADVANS** | **ADVANS Group** |
| **AVISTO** | **AVISTO TELECOM** |
| **GPIO** | **General Purpose Input/Output** |
| **I2C** | **Inter Integrated Circuit** |
| **SPI** | **Serial Peripheral Interface** |
| **UART** | **Universal Asynchronous Receiver Transmitter** |
| **USB** | **Universal Serial Bus** |
| **HW** | **Hardware** |
| **SW** | **Software** |
| **FPGA** | **Field-Programmable Gate Array** |
| **AMCL** | **Adaptive Monte Carlo Localisation** |
| **SLAM** | **Simultaneous Localisation And Mapping** |
| **EKF** | **Extended Kalman Filter** |
| **IMU** | **Inertial Measurement Unit** |

[1. Introduction 6](#_Toc100666224)

[1.1. Énoncé du besoin 6](#_Toc100666225)

[1.2. Contexte, moyens et outils 6](#_Toc100666226)

[1.3. Existant 7](#_Toc100666227)

[1.4. Le projet 7](#_Toc100666228)

[2. Spécification des cas d’usage 9](#_Toc100666229)

[2.1. Fonctionnement classique 9](#_Toc100666230)

[2.2. Cas particuliers 9](#_Toc100666231)

[3. Spécifications détaillées du système 11](#_Toc100666232)

[3.1. Fonctionnement général 11](#_Toc100666233)

[3.2. Fonctionnement SOFTWARE 11](#_Toc100666234)

[3.2.1. SW bas niveau carte châssis 11](#_Toc100666235)

[3.2.2. SW haut niveau carte Zybo Z7-20 localisation 11](#_Toc100666236)

[3.2.3. SW haut niveau carte Zybo Z7-20 navigation 13](#_Toc100666237)

[3.2.4. SW haut niveau carte Zybo Z7-20 gestionnaire de balise 13](#_Toc100666238)

[3.2.5. SW haut niveau carte Zybo Z7-20 gestionnaire de mission 13](#_Toc100666239)

[3.2.6. SW haut niveau carte Ultra96 IHM web 13](#_Toc100666240)

[3.3. Fonctions électroniques 14](#_Toc100666241)

[3.3.1. Station de charge 14](#_Toc100666242)

[3.3.2. Balises d’alertes 14](#_Toc100666243)

[3.3.3. Carte d’interface 15](#_Toc100666244)

[3.3.4. Centrale à inertie (IMU) 15](#_Toc100666245)

[3.3.5. Hautparleur / microphone 15](#_Toc100666246)

[3.4.1. Acquisition vidéo 15](#_Toc100666247)

[3.4.2. Interface 16](#_Toc100666248)

[3.5.1. Boîtier carte Zybo Z7-20 16](#_Toc100666249)

[3.5.2. Boîtier de balise d’alerte 16](#_Toc100666250)

[3.5.3. Station de charge 17](#_Toc100666251)

[4. Annexes 18](#_Toc100666252)

# Introduction

## Énoncé du besoin

Cause : L’entreprise Elsys Design veut surveiller ses bureaux dans l’agence de Toulouse sans qu’une personne ne soit présente.

Besoin : Il est nécessaire de pouvoir prévenir le directeur lorsqu’il y a une personne qui s’introduit illégalement dans les locaux de Elsys Design.

Objectif : Développer un robot de « sécurité » autonome à partir d’une « plateforme holonome » existante

## Contexte, moyens et outils

Le système est un robot autonome à roues holonomes ayant pour but d’accomplir des missions de surveillance et de sécurité.

Le système doit respecter les exigences suivantes :

* Développement du système complet avec un budget de 3000€,
* Déplacement autonome,
* Détection d’alerte,
* Acquisition vidéo.

Pour réaliser ce projet, ELSYS DESIGN a engagé trois stagiaires, responsables de toutes les phases du projet et répartis dans trois corps de métier :

* Un développeur Hardware, responsable du développement de la carte électronique qui viendra s’encastrer sur la carte FPGA. La carte développée servira d’interface avec la plateforme Holo32 et les autres éléments ajoutés.
* Un développeur Software, responsable du contrôle du robot (localisation, génération et suivi de trajectoire)
* Un développeur FPGA, responsable de la programmation de la carte SoC. Le développeur doit développer la partie FPGA (architecture, conception, code, test, vérification et routage).

## Existant

Elsys-Design a fourni plusieurs éléments :

* Une base roulante holonome conçue lors d’un précédent projet datant de 2019.

Cette base roulante est contrôlée par un microcontrôleur stm32 et possède un module Bluetooth Low Energy NRF52 connecté à une manette de Xbox 360 modifiée. A savoir qu’il y a également un asservissement en vitesse des moteurs implémenté.

* Les capteurs Ultrasons déjà présents sur la base roulante holonome
* Du matériel électronique : Des fers à souder, une alimentation stabilisée et un oscilloscope sont à notre disposition pendant le stage.
* Une imprimante 3D

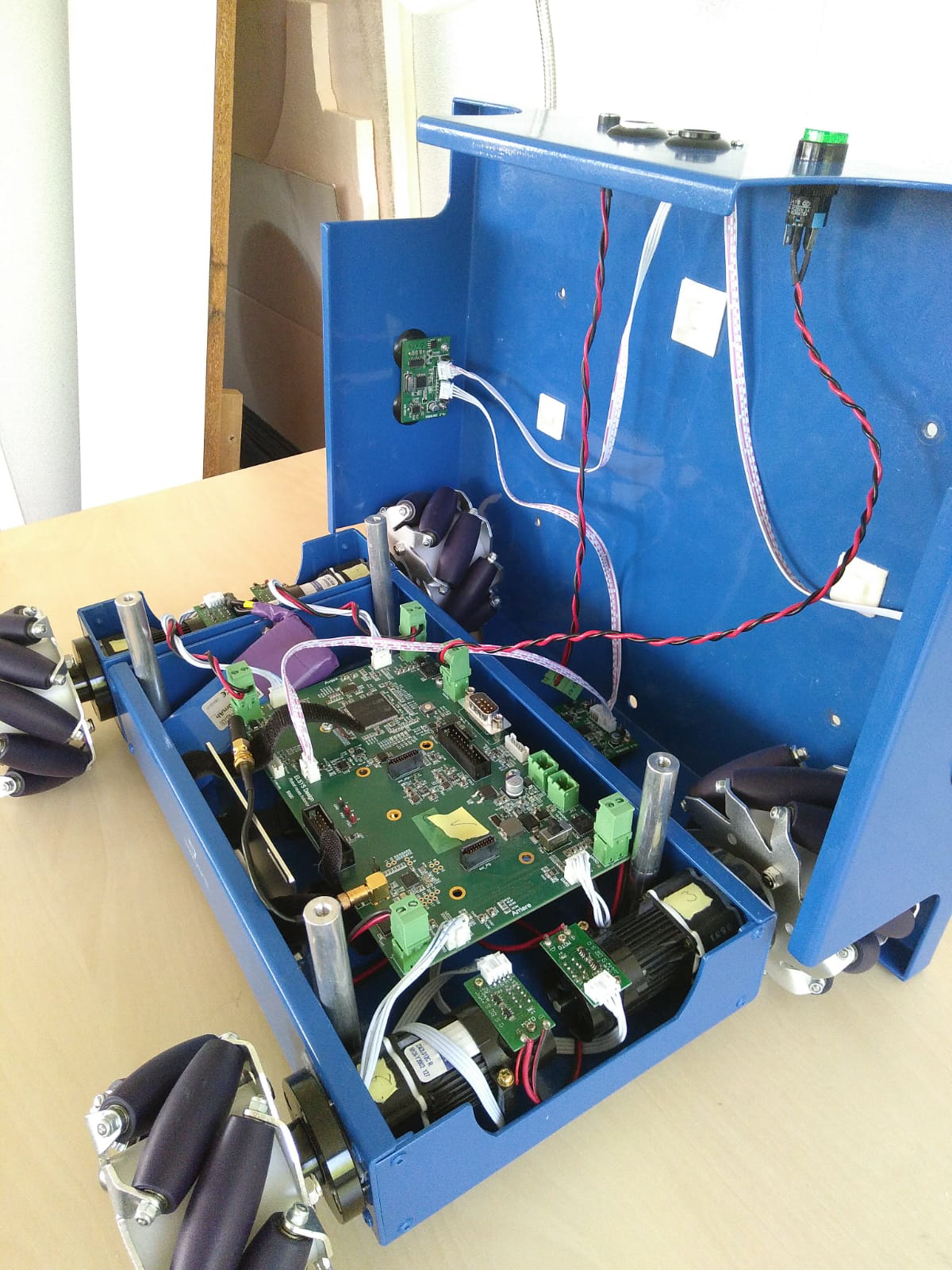




Figure : base roulante holonome

## Le projet

Le but du projet est de concevoir et développer un système de surveillance pour l’agence Elsys Design de Toulouse. Ce système est composé de trois éléments principaux :

Ce système est composé de quatre éléments principaux :

* Le robot autonome : Ce robot doit pouvoir se déplacer dans l’agence de Toulouse en autonomie. Il doit savoir se repérer dans l’agence et éviter les murs et obstacles (chaises, personnes, portes...). Il doit aussi être capable de communiquer avec l’utilisateur et les balises de détection.
* La station de recharge : Entre chaque ronde que le robot devra effectuer, le robot devra retourner à son point de départ, qui sera la station de recharge, ce qui permettra notamment au robot de tenir toute la nuit.
* Les balises de détection : Pour détecter l’intrusion de quelqu’un dans l’agence, des balises seront placées sur chaque ouverture. Ces balises seront équipées d’un capteur d’ouverture de la porte, d’un capteur de vibration et d’un module de communication pour appeler le robot en cas de problème. Ces balises doivent être autonomes en énergie pendant au moins un an afin d’éviter une maintenance trop fréquente. Elles se déclenchent dès qu’une porte ou fenêtre est ouverte ou fracturée.
* La vidéo surveillance : le robot doit être capable de filmer son environnement, de l’enregistrer et de le transmettre à l’utilisateur.

# Spécification des cas d’usage

Liste des fonctions principales du robot :

* Se déplacer
* Acquisition vidéo

**Cahier des charges initial**

* Détection d’alertes
* Navigation en Autonomie
* Contrôle à distance via une IHM
* Se situer dans un espace donné
* Eviter les obstacles
* Accès à distance en directe au flux vidéo
* Autonome en énergie

## Fonctionnement classique

Une fois allumé le robot vérifie qu’il est bien sur sa station de charge et attend un ordre : Contrôle manuel, détection d’anomalie ou routine de surveillance par une balise.

Cas contrôle manuel : Le robot exécute les commandes reçues.

Cas détection d’anomalie par une balise :

* + Envoi d’un avertissement (signal visuel sur l’IHM et SMS)
  + Le robot localise la balise concernée
  + Il génère une trajectoire entre la balise et sa position (donc la station de charge)
  + Il allume la caméra et renvoi le flux vidéo en direct
  + Il suit cette trajectoire tout en évitant les obstacles sur son chemin
  + Une fois arrivé dans la pièce concernée
    - Il se place dans un endroit prédéfini de la pièce avec le meilleur angle de vue
    - Au bout de 1 minute, le robot retourne à sa station de charge

Cas Routine de surveillance :

* + Le robot suit un trajet prédéfini (une ronde) une fois par heure
  + Le flux vidéo pendant la ronde est envoyé sur l’IHM

## Cas particuliers

Si le robot est mis marche ailleurs qu’à la station de charge :

* + Il se localise
  + Il génère une trajectoire entre sa localisation et la station de charge,
  + Il suit cette trajectoire en évitant les obstacles
  + Une fois arrivé, reprise du fonctionnement normal

Si le robot n’arrive pas à de localiser :

* + 5 tentatives de localisation échouées : Envoi d’un message d’erreur sur l’IHM

Si ordre de contrôle manuel pendant un déplacement (Gestion d’anomalie ou ronde) :

* + Le contrôle manuel est prioritaire. L’ordre est exécuté sans délais et le robot passe en mode manuel.

Si problème de connexion internet : Retourne ou reste à la station de charge et attend.

Si détection d’anomalie pendant une ronde :

* + Interruption de la ronde
  + Gestion de l’anomalie comme en fonctionnement normal

Si détection d’une autre balise pendant la gestion d’une première détection :

* + Interrompt la première et va à la deuxième détection (priorité à la plus récente)

Si détection d’anomalie pendant le contrôle manuel :

* + Informe vie l’IHM d’une détection et la pièce concernée

Si le robot n’arrive pas à se rendre dans une pièce (porte fermée, obstacle non contournable) :

* + Message d’erreur via l’IHM, reste sur place et attend un ordre manuel

# Spécifications détaillées du système

Dans le cadre de la [conception de produit](https://fr.wikipedia.org/wiki/Conception_de_produit), le produit minimum viable (ou MVP, de l'[anglais](https://fr.wikipedia.org/wiki/Anglais) : *minimum viable product*), il désigne aussi la stratégie utilisée pour fabriquer, tester et mettre sur le marché ce produit.

L'intérêt ici est donner un degré d’importance aux exigences afin d’en tirer un produit minimum viable.

|  |  |
| --- | --- |
| MVP 1 | 1 |
| MVP 2 | 2 |
| MVP 3 | 3 |

## Fonctionnement général

Le système en fonctionnement nominal doit assurer les fonctions suivantes :

|  |  |
| --- | --- |
| SYS-000 | Détection d’alertes |
| SYS-001 | Acquisition vidéo |
| SYS-002 | Déplacement Manuel |
| SYS-003 | Déplacement autonome |

## Fonctionnement SOFTWARE

### SW bas niveau carte châssis

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| SW-001 | Le SW de la carte châssis doit pouvoir échanger des informations avec une ou plusieurs cartes de contrôle haut niveau | 1 |
| SW-002 | Le SW de la carte châssis doit pouvoir assurer un asservissement fiable des moteurs | 1 |
| SW-003 | Le SW de la carte châssis doit pouvoir calculer et envoyer les données odométriques du déplacement du robot | 2 |
| SW-004 | Le SW de la carte châssis doit pouvoir calculer et envoyer les données de charge/décharge de la batterie | 3 |
| SW-005 | Le SW de la carte châssis doit pouvoir exécuter un arrêt d’urgence s’il en reçoit l’ordre | 1 |

### SW haut niveau carte Zybo Z7-20 localisation

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| SW-101 | Le SW de localisation doit pouvoir échanger des informations avec le FPGA (vidéo, uart) | 1 |
| SW-102 | Le SW de localisation doit être en mesure de localiser le robot dans son environnement |  |
| SW-103 | Le SW de localisation doit pouvoir recevoir et traiter les données d’un ultrason |  |
| SW-104 | Le SW de localisation doit pouvoir recevoir et traiter les données d’une IMU (loc relative) |  |
| SW-105 | Le SW de localisation doit pouvoir recevoir et traiter les données odométriques du robot (localisation relative) |  |
| SW-106 | Le SW de localisation doit pouvoir fusionner les données sensorielles (via EKF) |  |
| SW-107 | Le SW de localisation doit pouvoir recevoir un flux vidéo |  |
| SW-108 | Le SW de localisation doit pouvoir reconnaître des tags sur une image (loc absolue) |  |

### SW haut niveau carte Zybo Z7-20 navigation

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| SW-201 | Le SW de navigation doit pouvoir échanger des informations avec le FPGA (vidéo, uart) | 1 |
| SW-202 | Le SW de navigation doit être en mesure de recevoir des destinations depuis le gestionnaire de mission | 2 |
| SW-203 | Le SW de navigation doit être en mesure de recevoir la localisation du robot | 1 |
| SW-204 | Le SW de navigation doit pouvoir générer une trajectoire exécutable par le robot : déplacement holonomique possible, éviter le contact avec les murs, éviter le contact avec des obstacles non répertoriés. | 1 |
| SW-205 | Le SW de navigation doit pouvoir générer des commandes moteurs en fonction de la localisation du robot et de la trajectoire à suivre. | 1 |
| SW-206 | Le SW de navigation doit pouvoir interrompre la navigation en cours | 1 |
| SW-207 | Le SW de navigation doit pouvoir rectifier la navigation en cours | 2 |
| SW-208 | Le SW de navigation doit pouvoir faire de la reprise sur erreur si la localisation est perdue (interrompre la navigation et rechercher une source de localisation absolue via AMCL ou TAG) | 3 |
| SW-209 | Le SW de navigation doit envoyer un message de confirmation au gestionnaire de mission lorsque l’objectif est atteint | 2 |

### SW haut niveau carte Zybo Z7-20 gestionnaire de balise

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| SW-301 | Le gestionnaire de balise doit pouvoir échanger des informations avec le gestionnaire de mission | 3 |
| SW-302 | Le gestionnaire de balise doit pouvoir échanger des informations avec les balises | 3 |

### SW haut niveau carte Zybo Z7-20 gestionnaire de mission

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| SW-401 | Le gestionnaire de mission doit pouvoir échanger des informations avec l’IHM | 1 |
| SW-402 | Le gestionnaire de mission doit pouvoir échanger des informations avec les balises | 3 |
| SW-403 | Le gestionnaire de mission doit être en mesure d’envoyer des destinations au SW de navigation | 1 |
| SW-404 | Le gestionnaire de mission doit pouvoir recevoir des destinations depuis l’IHM | 3 |
| SW-405 | Le gestionnaire de mission doit pouvoir exécuter des rondes : envoyer une série de destination au SW de navigation en attendant l'acquittement du SW de navigation entre chacune d’entre elles | 1 |
| SW-406 | Le gestionnaire de mission doit pouvoir recevoir une nouvelle mission (rondes) depuis l’IHM et la garder en mémoire. | 3 |
| SW-407 | Le gestionnaire de mission doit pouvoir lancer une mission à un horaire précis | 1 |
| SW-408 | Le gestionnaire de mission doit pouvoir enregistrer le flux vidéo de la caméra du robot lorsqu’il exécute sa ronde. | 1 |

### SW haut niveau carte Ultra96 IHM web

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| SW-501 | L’IHM web doit pouvoir échanger des informations avec ROS | 1 |
| SW-502 |  |  |
| SW-503 |  |  |
| SW-504 |  |  |
| SW-505 |  |  |
| SW-506 |  |  |
| SW-507 |  |  |
| SW-508 |  |  |

## Fonctions électroniques

### Station de charge

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| HW-001 | La station de charge est en mesure de recharger les batteries en intégralité.  Batterie que nous utiliserons : batterie lithium LiFePO4 12.8V - 3.8Ah (protection BMS interne)  Voir [annexe 4.3](#_heading=h.6mdiwkjef252) | 3 |
| HW-002 |  |  |
| HW-003 |  |  |
| HW-004 |  |  |
| HW-005 |  |  |
| HW-006 |  |  |
| HW-007 |  |  |

### Balises d’alertes

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| HW-101 | Les Balises communiquent entre elles via un réseau Wi-Fi Mesh, l’une des balises sert de routeur aux autres et est reliée directement avec le robot via une liaison I²C | 1 |
| HW-102 |  |  |
| HW-103 |  |  |
| HW-104 |  |  |
| HW-105 |  |  |
| HW-106 |  |  |
| HW-107 |  |  |
| HW-108 |  |  |
| HW-109 |  |  |

### Carte d’interface

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| HW-201 | La carte d’interface assure le bon suivi des protocoles de communications entre la ultra96 et les périphériques [les caméras, l’IMU, le module NFC, les capteurs ultrasons, la holo32, l’esp32] | 1 |
| HW-202 |  |  |
| HW-203 |  |  |
| HW-204 |  |  |
| HW-205 |  |  |
| HW-206 |  |  |
| HW-207 |  |  |
| HW-208 |  |  |

### Centrale à inertie (IMU)

### Hautparleur / microphone

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| HW-401 | Le module Hautparleur / microphone est une carte périphérique qui viendra soit se monter en mezzanine ou directement via un connecteur qui lui est propre. | 3 |
| HW-401 |  |  |
| HW-402 |  |  |
| HW-403 |  |  |
| HW-404 |  |  |

* 1. Fonctionnement FPGA

### Acquisition vidéo

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| FPGA-001 | La partie FPGA doit faire l’acquisition vidéo à partir du flux de la caméra à travers une interface MIPI CSI-2. | 1 |
| FPGA-002 | La partie FPGA doit pouvoir paramétrer la caméra grâce au protocole I2C de l’interface MIPI CSI-2. Le paramétrage inclut la résolution et la fréquence qui seront réglées en fonction des besoins de la partie software. | 1 |
| FPGA-003 | La partie FPGA doit faire le dématriçage de l’image en utilisant l’IP *Sensor Demosaic* de Xilinx. | 1 |
| FPGA-004 | La partie FPGA doit appliquer une correction Gamma. | 2 |
| FPGA-005 | La partie FPGA doit appliquer une correction des couleurs et une balance des blancs. | 3 |
| FPGA-006 | La partie FPGA doit filtrer le bruit de l’image. | 2 |
| FPGA-007 | La partie FPGA doit intégrer un auto-focus. | 3 |
| FPGA-008 | La partie FPGA doit pouvoir ajuster l’exposition. | 3 |

### Interface

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| FPGA-101 | La partie FPGA doit communiquer avec la partie PS grâce à une DMA. | 1 |
| FPGA-102 | La partie FPGA doit pouvoir interagir avec la carte d’interface via GPIO. | 1 |
| FPGA-103 | La partie FPGA doit gérer un protocole UART pour communiquer avec la base Holonome. | 1 |
| FPGA-104 | La partie FPGA doit gérer un protocole I2C pour communiquer avec les différents périphériques reliés à travers la carte interface (Tags RFID et Balise) | 1 |
| FPGA-105 | La partie FPGA doit pouvoir interagir avec le microphone | 3 |
| FPGA-106 | La partie FPGA doit pouvoir interagir avec les hauts parleurs | 3 |
| FPGA-107 | La partie FPGA doit pouvoir décharger la partie PS de certaines opérations pour économiser des ressources PS. | 3 |

* 1. Spécifications mécaniques

### Boîtier carte Zybo Z7-20

Tout d’abord un boîtier sera nécessaire pour accueillir la carte Zybo Z7-20 ainsi que la carte d’interface.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MEC-001 | Le boîtier de la carte Ultra96 devra se fixer sur le châssis déjà existant du robot holonome |  |
| MEC-002 |  |  |
| MEC-003 |  |  |
| MEC-004 |  |  |

### Boîtier de balise d’alerte

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MEC-101 | Le boîtier devra être en capacité d'accueillir la carte électronique, son capteur et sa batterie |  |
| MEC-102 |  |  |
| MEC-103 |  |  |
| MEC-104 |  |  |

### Station de charge

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MEC-201 | Le boîtier devra être en capacité d'accueillir la carte électronique, le transformateur et les électrodes |  |
| MEC-202 |  |  |
| MEC-203 |  |  |
| MEC-204 |  |  |
| MEC-205 |  |  |

# Annexes