

Projet : Ingénierie des Systèmes Electroniques

Robot Aidant

Robot : Aidant Infirmier

Expression du besoin par un client



Dans le cadre de votre projet ISE, vous allez répondre à un appel à projet pour lutter contre la pandémie du COVID. L'objectif du projet est de désengorger les urgences et de limiter la contamination du personnel de santé dans les établissements de soin.

En effet, en réduisant les contacts physiques entre les patients et les soignants, la solution que vous allez proposer va jouer un rôle important dans la lutte contre le coronavirus. Votre solution doit permettre d'alléger le quotidien des soignants.

Dans le cadre de votre projet de la majeure ESE, nous vous proposons de répondre à cet appel d'offre pour **concevoir et réaliser un système nomade type Robot « Aidant Infirmier »** capable :

1. d'examiner les patients (mesure de constantes) dès leur arrivés aux urgences, pour les orienter vers un médecin ou dans les services adaptés.
2. de désinfecter les espaces
3. de distribuer des médicaments
4. ...

Via une IHM, que vous devez concevoir, votre robot est équipé d'un écran tactile (ou pas) qui permet aux patients de s'enregistrer dès leur arrivée à l'hôpital ou d'envoyer des messages au personnel hospitalier.

Aussi, l'IHM permettra entre autres de choisir le type de fonction à réaliser par votre robot, les fonctions possibles sont :

Examiner les patients et les orienter :

Pour remplacer le personnel médical votre robot est doté de plusieurs capteurs qui lui permettent de réaliser des tâches telles que la prise de température, le rythme cardiaque, le prélèvement de salive... Il est doté de capteurs qui lui permettent en fonction du marquage au sol d'orienter les patients dans les services en fonction de leur 1er diagnostic.

Désinfecter les espaces :

Cette fonction est basée sur l'utilisation de rayon ultraviolet afin de tuer les micro-organismes nocifs. Le robot doit se déplacer de manière autonome dans les chambres, les salles d'attentes et les salles d'opération et expose les surfaces avec une lumière ultraviolet afin de tuer des virus et des bactéries. Equipé d'un

LIDAR, ce dernier lui permet de scanner les espace et de stopper l'exposition des UV dès l'arrivé d'une personne dans une pièce.

Distribution de médicaments :

Afin de distribuer les médicaments aux patients, le robot attribue à chaque patient, un QR code dès sons arrivés à l'hôpital. Equipé d'un accéléromètre, ce dernier lui permet entre autre de réduire les secousses pour éviter de renverser les produits. Il est aussi doté de capteurs pour conserver les médicaments dans un lieu tempéré, au sec avec un control de l'humidité, à l'abri de la lumière.

1 Objectif

L'objectif de ce projet est de vous conduire à la réalisation d'un système complet intégrant des capteurs, des actionneurs, un système embarqué (*multiprocesseurs, multitâches*) et un certain nombre de fonctions électroniques (analogique, numérique et de puissance).

Pour vous permettre d'appréhender la complexité du système de façon progressive, il vous est demandé de concevoir **quatre sous-ensembles** du système que vous assemblerez en phase finale (figure 1). Chacun de ces sous-ensembles correspond à un domaine, et devra être réalisé en respectant le planning d'ordonnancement des séances.

Afin que vous soyez créatif dans ce projet, il est demandé à chaque équipe de proposer un scénario qui répond aux contraintes matérielle imposées. **Vous êtes dans la majeure ESE, dans le cadre de ce projet le but est que vous développiez des compétences bas niveau à travers la réalisation d'un robot « Aidant Infirmier ».**

En vu de la durée du projet et de l'ordonnancement des séances, nous demandons à chaque équipe de réaliser la partie commune et au moins une fonction. **Attention il s'agit d'un POC.**

Partie commune

Votre Robot doit être capable de :

1. se mouvoir,
2. détecter des objets et les éviter
3. se positionner, s'orienter,
4. connaître sa consommation,
5. communiquer à travers une IHM et d'envoyer les donnée à un PC distant

Partie scénario et fonction

Votre robot doit être capable de réaliser une des fonctions suivante :

1. **fonction 1** : mesure de constantes
 - a. les patients doivent pouvoir s'enregistrer dès leur arrivé aux urgences via l'IHM, en indiquant leur : nom, prénom, adresse, num téléphone, ... Ces informations sont envoyées en RF à une base de données (Excel) distante.
 - b. le robot doit effectuer la mesure des constantes (niveau de saturation en oxygène sanguin, température et rythme cardiaque) et stocker les informations dans la base de données.

Pour réaliser cette fonction, vous disposez de :

- Thermopile infrarouge (ZTP-115) pour la mesure de température sans contact
- Capteur Biométriques (SFH7060) pour la mesure de la saturation sanguine (Pulse oximetry)

2. fonction 2 : distribution de médicaments

- a. à partir des constantes mesurées (stockées dans la base de données), le robot doit faire correspondre **un QR code** à un nom de patient.
- b. puis il doit guider les patients dans un secteur identifié par un fléchage au sol de couleur (rouge, vert, bleu) en fonction de leur pathologie.
- c. le robot transport et distribue les médicaments. Le stockage de ces derniers est possible grâce à un compartiment doté de plusieurs capteurs : accéléromètre permet de contrôler la vitesse pour éviter de casser et/ou de renverser les produits liquides, capteur de température et d'humidité pour conserver les médicaments dans un lieu tempéré (20-25C°).

Pour réaliser cette fonction vous disposez de :

- Accéléromètre 3axes (ADXL345)
- RHT01 humidité relative et capteur de température
- TCS3200 Capteur de couleur

3. fonction 3 : désinfection des lieux

- a. le robot désinfecte les différents espaces en émettant de la lumière bleue. Il est capable d'arrêter l'exposition dès la détection d'un bruit ou d'une présence humaine. Dans le cadre de ce projet, les UVs sont simulées par une lumière blanche ou bleu.

Pour réaliser cette fonction vous disposez de :

- LIDAR
- Capteur de son (microphone)
- Haut parleur
- LED blanche



Rapport à rendre en fin de projet (40 pages hors annexes et codes), il doit contenir :

- le contexte, objectifs
- votre solution, votre démarche et la méthodologie utilisée
- la synthèse (résultats, mesure et analyse) de la partie réalisée en pratique.
- les notes prises durant les séances de projet avec schémas, commentaires, remarques et conclusions.
- une annexe technique, schémas électroniques et codes commentés
- la bibliographie
- **Le rapport final (en version PDF), le dossier technique et la présentation sont à déposer sur e-campus) le 20/01/22 avant 18h00.**

2 Cahier des charges

Il s'agit de développer les parties matérielles et logicielles de votre robot, figure 1, qui devra respecter les contraintes suivantes :

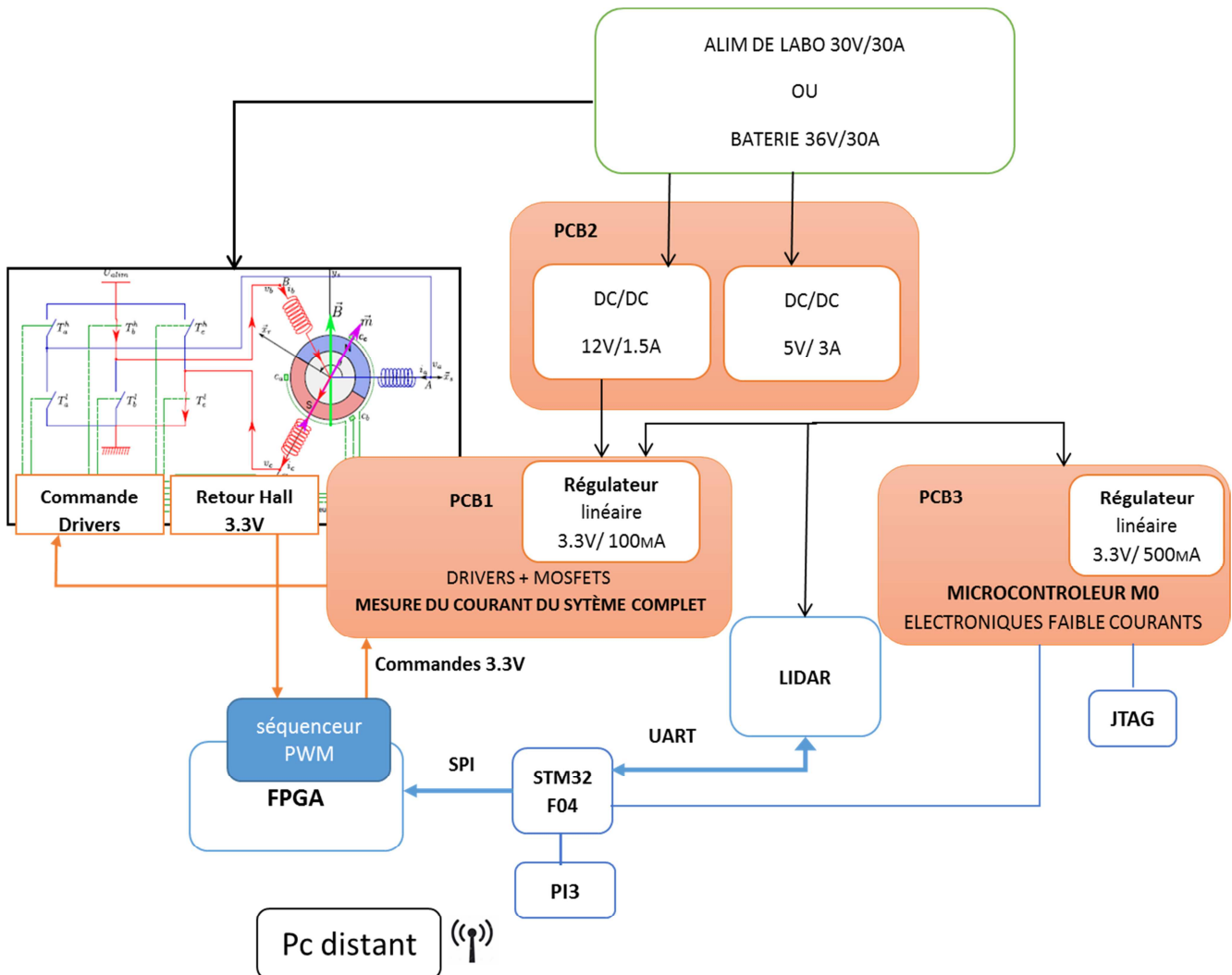


Figure 1 : Sous-ensembles du système à concevoir (puissance et alimentation, FPGA, microcontrôleur, capteurs et interfaces)

Pour la partie matérielle, en plus de la réalisation de 3 cartes PCBs, vous aurez à réaliser plusieurs fonctions mettant en œuvre des composants analogiques (amplificateurs, convertisseurs, etc.), des composants de puissances (transistors MOSFET, drivers de MOSFET, isolation avec un composant optoélectronique, etc.) et décrites dans les différents sous-systèmes ci-après. A partir du cahier des charges, vous aurez à définir des architectures (schémas fonctionnels et électriques) et à les dimensionner (choisir les valeurs des composants ou leur références).

Pour la partie logicielle, elle doit répondre à votre scénario en permettant la commande manuelle de votre système pour le mouvement, l'affichage et le stockage des valeurs mesurées sur un PC distant.

- Toutes les équipes utilisent la même plateforme : une base mécanique avec deux roues motrices. Chaque roue motrice, 8", se compose d'un moteur de type **Brushless BLDC (BrushLess Direct Current) de 350W**, le moteur est à l'intérieur d'une jante en aluminium.
 - vous devez définir une architecture de puissance qui permet de commander les moteurs (**onduleur : pont en H**). Dans un premier temps, il faut valider votre carte de commande par simulation sous LTSpice. Pour cela, il faut utiliser les modèles électriques, « **Spice Model** », des différents composants fournis par le constructeur.
 - Ensuite, il faut dimensionner les différents composants utilisés pour réaliser votre pont en H, et **faire la saisie du schéma, le placement des composants et le routage de la carte**. La surface de votre PCB doit être de 10cm x10cm. **Le dossier Gerber complet doit être rendu avant le 29/10/21 à 12h00 pour vérification et la version finale le 12/11/21 avant 12h00 afin de passer commande.**
 - **Attention**, même condition pour les deux autres cartes (5cmx10cm) : version1 29/10/21 à 12h00 et version finale 12/11/21 avant 12h00.
 - La partie "**logique : séquenceur**" sera assurée par un FPGA Artix 7 de la carte de développement NEXYS A7. Le niveau de tension logique doit être adapté pour gérer les drivers des transistors de l'onduleur (pont en H).
- Concevoir et réaliser la partie acquisition sur un microcontrôleur M_0 (**STM32C010R8T6**) et la partie traitement sur un carte d'évaluation STM32F4 ou F3.

Toutes les équipes doivent mettre en œuvre sur la carte STM 32 F3 ou 4:

1. une liaison **série de type SPI** afin de communiquer avec le FPGA. Cette liaison permet, quand votre système est autonome, d'envoyer les séquences du microcontrôleur vers le FPGA. Selon le protocole en annexe.
2. une liaison **série type UART pour le LIDAR** pour détecter les objets autour de la plateforme
3. une liaison avec la Raspberry P33

Toutes les équipes doivent mettre en œuvre sur la carte PCB3 du microcontrôleur M_0 :

1. **l'acquisition de la mesure de courant** (puissance à tout instant du robot), le conditionnement analogique du capteur est à réaliser sur la carte PCB1 (pont en H).
2. l'acquisition des informations de toutes les constantes mesurées en fonction de la fonction que vous avez choisie.
3. une liaison, à vous de la déterminer, qui permet de transmettre les informations à la carte STM32

Les composants de conditionnement doivent être transmis au plus tard le 12/11/21 avant 12h.

- Vous devez réaliser une IHM sur PC qui va communiquer avec :
 - la carte FPGA via une liaison série, UART, pour demander une séquence : le démarrage, le stop, l'accélération dans la phase de debug (si besoin)
 - la carte microcontrôleur quand votre système est autonome

3 Organisation

Le système que vous allez réaliser est un système multi-domaines, pour chaque domaine vous avez un référent. Son rôle est de vous aider à choisir une solution adaptée à votre problème, **en aucun cas ne vous proposera une solution**. Dans un premier temps, chaque intervenant va faire une petite mise à niveau avec des exercices d'applications pour que vous ayez les notions de base dans son domaine. Puis il vous aidera à concevoir la partie qui le concerne.

3.1 Les référents :

Les référents viennent vous voir en séance, en fonction de leur planning, vous pouvez communiquer avec eux par mail. **Merci de mettre, la responsable du module, en copie de vos mails (yasmina.layouni@cpe.fr).**

3.1.1 Responsable du projet

Y. Layouni : pour toutes questions en relation avec le projet merci de m'envoyer un mail et de me mettre en copie des mails que vous envoyez aux différents intervenants.

3.1.2 Conception PCB

F. Joly : Prise en main de l'outil Kicad. Saisie de schéma, placement, routage et test de cartes (dans le cadre du projet, vous allez réaliser 3 cartes).

3.1.3 Conception puissance

D. Favre : Présentation des moteurs Brushless, simulation puis conception de la carte de commande des moteurs sous LTSpice.

Attention, lors de la simulation de la carte de commande, il faut utiliser le modèle Pspice des composants (MOSFET, Driver, ...).

❖ Alimentation DC/DC (indépendamment du projet, c'est le module GE)

D. Chouiter : dans le module GE, vous allez acquérir des compétences pour la réalisation des alim DC/DC. Le module va être ordonnancé pour que vous puissiez avancer sur la réalisation d'un PCB d'une alim DC/DC fort courant, moyen courant et d'une LDO faible courant.

3.1.4 Conception FPGA

A. Massouri : Prise en main de l'outil Vivaldo. Réalisation de périphériques (séquenceur pour la commande des moteurs, SPI pour transmettre des données, liaison UART pour débayer et l'afficher les constantes sur l'écran d'un PC).

Attention, Cette partie est à coder en VHDL sur une carte NEXYS A7. Lors de la réalisation des périphériques, il faut les synthétiser et les valider en effectuant des mesures sur l'oscilloscope et en simulant les retours des autres systèmes qui interagissent avec cette partie.

3.1.5 Conception microcontrôleur

D. Favre : Prise en main de la carte (STM32) pour interfacer vos capteurs. Mise en œuvre de CAN, liaison SPI, UART,...

3.1.6 LIDAR et l'IHM

Y. Layouni : mise en œuvre du lidar et affichage des données sur IHM.

3.1.7 Assemblage cartes – gestion logistique matériels

A. Denos : Atelier soudure, impression 3D

3.2 Le responsable matériel

A. Denos est le responsable matériel, vous allez le voir lors de la récupération de vos composants, et à la fin du projet (20/01/22) pour le lui rendre le matériel.

3.3 Le responsable des achats

F. Joly est le responsable des achats. Vous avez la possibilité de demander l'achat des composants dont vous avez besoin, s'ils ne sont pas disponibles dans nos stocks. Néanmoins, vous devez passer la commande **avant le 12/11/21** et **faire valider la liste par la responsable du module Y. Layouni. Le budget max par équipe est de 30 euros (hors PCB et capteurs spécifiques), un dépassement raisonnable est toléré. Les fournisseurs sont uniquement : Farnell et Radiospares.**

4 Annexe

4.1 Description de la maquette

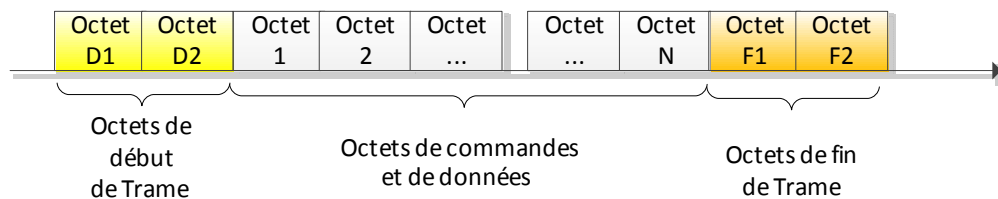
En cours de rédaction

4.2 Références de composants

En cours de rédaction

4.3 Protocole de communication SPI entre FPGA et microcontrôleur STM32

- C'est la carte Master (microcontrôleur STM32) qui prend systématiquement l'initiative de la transmission. La carte Slave (FPGA) attend l'horloge et une demande de donnée du maître.
- Les 2 octets de début de trame et les 2 octets de fin de trame, permettront un contrôle de l'intégrité des données reçues. Vous pouvez utiliser les deux octets de début de trame pour décrire la nature des données (mouvement, mesure,...) et les deux octets de fin de trame comme Check Sum pour connaître le nombre d'octet envoyer.



4.4 Control moteur :

- La carte FPGA servira pour implémenter les séquenceurs des deux moteurs.
- Chaque moteur dispose de 6 entrées commandées par le séquenceur sur FPGA pour contrôler les trois phases
- Chaque moteur fourni 3 sorties (capteur hall) au séquenceur sur FPGA pour assurer la boucle d'asservissement.

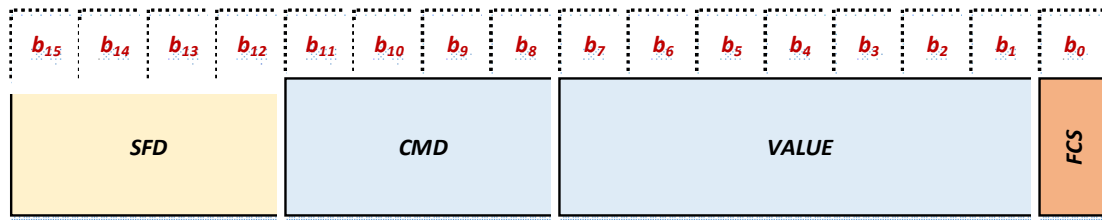
Attention : Les entrées/sorties du FPGA sont de type LVCMOS 3.3V.

4.5 Interfaces de configuration :

Trois options sont à mettre en œuvre :

1. Configuration des différentes commandes nécessaires pour le contrôle des moteurs à partir des 8 boutons switch disponibles sur la carte FPGA
2. Configuration à partir de l'ordinateur via une liaison série de type RS232
3. Configuration à partir du STM32 via une liaison série de type SPI

Dans le cas des options 2 et 3, un protocole de communication est nécessaire. Nous considérons, pour la commande des moteurs, un paquet de taille de 2 octets qui correspond au mode 16 bits disponible sur le bus SPI du STM32. Le format des paquets à envoyer au système de configuration sur FPGA est le suivant :



- SFD (Start of Frame Delimiter) : c'est un indicateur de début de trame sur 4 bits
- CMD : c'est la commande à envoyer au contrôleur de configuration sur FPGA – 4 bits
- VALUE : c'est la valeur de la commande à envoyer au contrôleur de configuration sur FPGA – 7 bits
- FCS (Frame Check Sequence) : c'est un bit de parité calculé sur le payload CMD/VALUE ($b_{11} - b_i$)

Le tableau suivant résume les différentes combinaisons du champ « CMD » et leurs significations :

Valeur de CMD $b_{11}-b_8$	Moteur	Type de commande
0000	1	Réservée
0001	1	Marche/Arrêt
0010	1	Sens de rotation (marche avant / marche arrière)
0011	1	Réservée
0100	1	Configuration de la fréquence du PWM
0101	1	Réservée
0110	1	Réservée
0111	1	Configuration de la vitesse ou le rapport cyclique du PWM
1000	2	Réservée
1001	2	Marche/Arrêt
1010	2	Sens de rotation (marche avant / marche arrière)
1011	2	Réservée
1100	2	Configuration de la fréquence du PWM
1101	2	Réservée
1110	2	Réservée
1111	2	Configuration de la vitesse ou le rapport cyclique du PWM

Les valeurs des champs « VALUE » dépendent du champ « CMD ». La taille de 7 bits a été choisie pour permettre de varier la vitesse sur 128 niveaux.

Dans le cas de la communication SPI entre STM32 et FPGA :

- le STM32 est le maître (contrôle le signal NSS et SCLK)
- le FPGA est l'esclave