

**Majeur ESE**

**Systemes robotiques d'assistance**

---

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 **plusieurs 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 système à réaliser accompagner d'un scénario. **(Vous êtes dans la majeure ESE, dans le cadre de ce projet le but est que vous développiez des compétences bas niveau).**

Le projet vise à répondre à deux besoins spécifiques :

1. **Servante d'outils nomade** pour le service technique de CPE, qui aide à la gestion des outils sur les chantiers.
2. **Robot porte-bagages en gare** qui assiste les voyageurs, en particulier les personnes à mobilité réduite (PMR) et âgées, pour la gestion de leurs bagages et les guider dans la gare.

**Vous devez répondre à un des 2 besoins en définissant un scénario.**

Exemple de scénario de réalisation :

- **Servante d'outils nomade** : Un plombier scanne son badge, il a une servante pour plombier. Il est sur une échelle, il demande une clé à molette et le robot lui fournit automatiquement la clé à molette, puis la lui range après usage. Pour cela une commande vocale est mis en place pour demander des outils.
- **Robot aide voyageur** Pour choisir la destination ou demander un service (porter une valise), les utilisateurs peuvent interagir avec le robot via un écran tactile. L'utilisateur peut dire "aller au quai 3" et le robot guide automatiquement le voyageur jusqu'à la destination. Le robot doit suivre son propriétaire de manière autonome via un système comme la reconnaissance faciale.



Les rendus sont à déposer sur e-campus en fonction de la date

- Le rapport de prêt-étude est à rendre au plus tard : 09/10
- Les 3 PCBs + BOM : 1ere version au plus tard 25/10
- Les 3 PCBs + BOM : dernière version avant commande : 15/11
- Rapport, dossier technique : 20/01

Un mail de synthèse, après chaque RDV avec votre tuteur, à m'envoyer et mettre votre tuteur en copie

En plus des rendus, vous avez :

- 2 jalons : conception hard (08/11) et conception soft (13/12)
- Un oral : 22/01
- Une recette : 23/01

**Les séances sont obligatoires, plus d'une absence non justifiée, rattrapage après le 23/01 et note en 2eme session**

## 1 Systèmes robotiques d'assistance

Il s'agit de développer les parties matérielles et logicielles d'un système de votre choix, qui devra respecter les contraintes suivantes :

- 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 vos PCB est imposées. **Le dossier Gerber complet doit être rendu pour la version1 avant le 25/10/24 à 12h00 et la version finale le 15/11/24 avant 12h00 afin de passer commande.**
  - La partie "**logique : séquenceur**" sera assuré par une carte STM32F4. Le niveau de tension logique doit être adapté pour gérer les drivers des transistors de l'onduleur (pont en H). La commutation des transistors peut être commandée à partir d'une mesure par 3 capteurs à effet Hall intégré au moteur et gérés par des GPIOs de la STM32.
- Concevoir et réaliser la partie commande, acquisition et traitement. Cette partie sera assurée par une 2 microcontrôleur de la carte d'évaluation STM32F7 et une carte PCB que vous allez réaliser à base d'un processeur M0. Toutes les équipes doivent mettre en œuvre sur ces2 microcontrôleurs :
  1. une liaison **série de type SPI, I2C** afin de communiquer avec la STM32F4. Cette liaison permet, quand votre système est autonome, d'envoyer les séquences du microcontrôleur ver la STM32F4. Selon le protocole en annexe.
  2. **Un bras 6 axes**, pour prendre les objets
  3. **un capteur de courant**, afin de mesurer la puissance à tout instant. Pour cela vous devez réaliser vous-même le conditionnement.
  4. autres capteurs de votre choix, qui vont vous permettre de répondre à votre scénario.
  5. **Une liaison série type UART et un LIDAR** ou autre pour détecter les objets autour de la plateforme
  6. une centrale inertielle pour l'orientation de la plateforme et son positionnement dans l'espace...
  7. liste des composants en annexe

**Les commandes des capteurs et autres composants de conditionnement, doivent être transmises au plus tard le 13/12/24 avant 12h.**
- Vous devez réaliser une IHM sur PC/tablette... qui va communiquer avec :
  - la carte STM32 via une liaison série, UART, pour demander une séquence : le démarrage, le stop, l'accélération de la plateforme
  - la carte microcontrôleur quand votre système est autonome

**Pour la partie matérielle**, vous aurez à réaliser plusieurs parties 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.

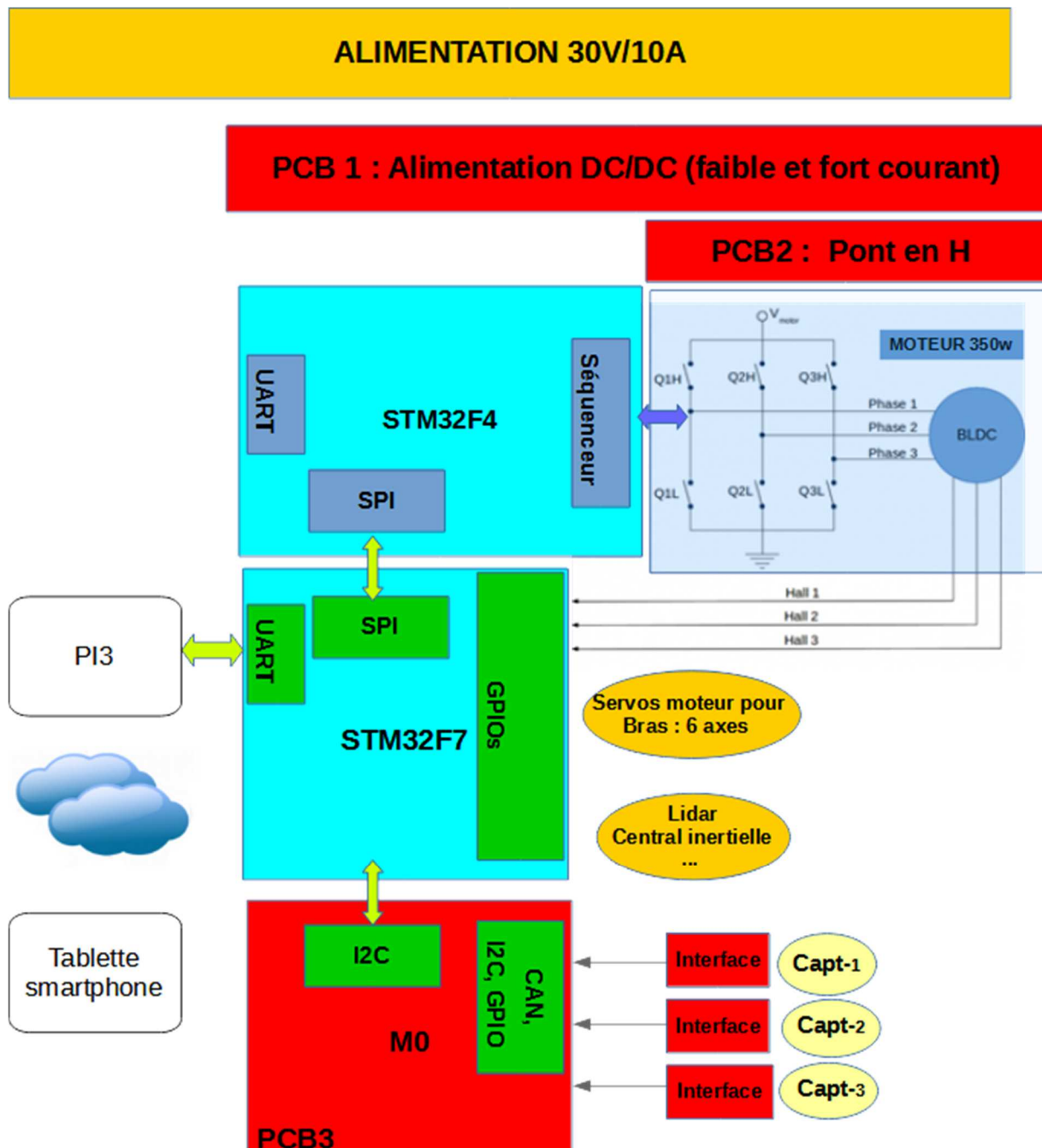


Figure 1 : Sous-ensembles du système à concevoir (puissance et alimentation, microcontrôleurs, capteurs et interfaces)

## 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 il 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, selon le planning en annexe, vous pouvez communiquer avec eux par mail. **Merci de mettre, la responsable du module, en copie de vos mails (yasmina.fellah@cpe.fr).**

#### 3.1.1 Responsable du projet

**Y. fellah** : 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 Les tuteurs

Chaque équipe a son tuteur, vous devez le contacter avant chaque rendu. Il est là pour vous aider à organiser votre travail et vos rendus, en aucun cas pour résoudre vos problèmes techniques. Faire au moins 3 points avec lui avant les rendus suivants : le 09/10 pour la pré-étude, le 13/12 pour la conception hardware et software, et le 20/01 pour le rapport et la présentation orale. **Voir liste des tuteurs en annexe.**

#### 3.1.3 Référent 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 la carte pour commander les moteurs, une carte alim et un microcontrôleur pour gérer les capteur).

**Attention, lors de la réalisation des cartes, il faut prévoir des régulateurs pour la partie alimentation de puissance, pour la partie alimentation faible courant et pour la mesure de la consommation.**

#### 3.1.4 Référent 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)

**M. Boffy** : vous allez acquérir des compétences pour la réalisation des alim DC/DC. Cette partie va être ordonnancé pour que vous puissiez avancer sur la réalisation d'un PCB d'une alim DC/DC fort courant et faible courant.

#### 3.1.5 Référent 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 Référent Assemblage cartes – gestion logistique matériels et composants

**Alexandre** : Atelier soudure

### 3.2 Le responsable matériel

*Alexandre* est le responsable matériel, vous allez le voir en début du projet (**date à définir**) pour récupérer votre matériel et en fin de projet (**23/01/21**) pour le lui rendre.

### 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 13/12/24** et **faire valider la liste par la responsable du module Y. Fellah. Le budget max par équipe est de 30 euros (hors PCB). Les fournisseurs sont uniquement : Farnell et Radiospares.**

## 4 Annexe

### 4.1 Description de la maquette

A décrire en fonction de votre scénario

### 4.2 Références de composants

Voir liste sur e-campus

### 4.3 Protocole de communication SPI entre STM32 F4 et STM32F7

- C'est la carte Master (microcontrôleur STM32 F7) qui prend systématiquement l'initiative de la transmission. La carte Slave STM32F4 attend l'horloge et une demande de données du maître.
- Vous pouvez utiliser des bits de début de trame pour décrire la nature des données (mouvement, mesure,) et un bit de fin de trame comme Check Sum pour connaître le nombre d'octet envoyer.

### 4.4 Control moteur :

- La carte STM32F4 servira pour implémenter les séquenceurs des deux moteurs.
- Chaque moteur dispose de 6 entrées commandées par le séquenceur sur la STM32F4 pour contrôler les trois phases
- Chaque moteur fourni 3 sorties (capteur hall) au séquenceur sur la ST32F4 pour assurer la boucle d'asservissement.

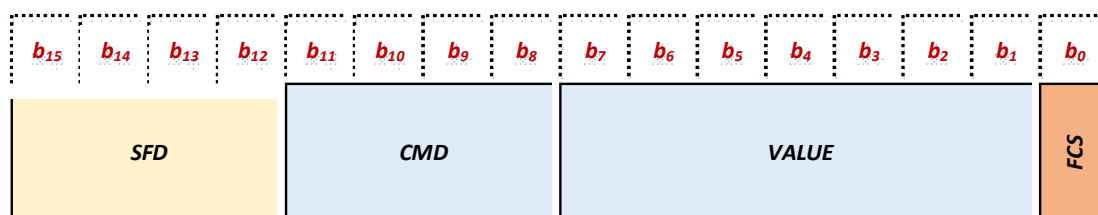
**Attention :** Les entrées/sorties de la STM32 sont de type CMOS 3.3V.

### 4.5 Interfaces de configuration :

Trois options sont à mettre en œuvre :

1. Configuration à partir de l'ordinateur via une liaison série de type RS232 sur la STM32F4 pour la phase de debug
2. Configuration à partir du STM32F7 et ST32F4 via une liaison série de type SPI avec un protocole.

Dans le cas des options 2, 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 STM32F4. Le format des paquets à envoyer 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 – 4 bits
- VALUE : c'est la valeur de la commande à envoyer au contrôleur – 7 bits
- FCS (Frame Check Sequence) : c'est un bit de parité calculé sur le CMD/VALUE

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.



#### 4.6 Tuteurs ESE : 2024-2025

Prénom	Nom	Adresse mail	Equipe	Tuteur
Maxime Martin José Eduardo Marwan	Bour Cova Da Silva Defrocourt	maxime.bour@cpe.fr martin.cova@cpe.fr jose-eduardo.da-silva@cpe.fr marwan.defrocourt@cpe.fr	1	Lioua
Yannis Tristan Dorian Antoine	El Jebbari Imbert Isselin Languille	yannis.el-jebbari@cpe.fr tristan.imbert@cpe.fr dorian.isselin@cpe.fr antoine.languille@cpe.fr	2	Serge
Augustin Yuxin Audrey Julien Corentin	Laprais Mu Nicolle Perol Pichat	augustin.laprais@cpe.fr yuxin.mu@cpe.fr audrey.nicolle@cpe.fr julien.perol@cpe.fr corentin.pichat@cpe.fr	3	Remy
Maximilien Baptiste Alexandre Mateusz	Remillieux Renouard Vernet Wlazlowski	maximilien.remillieux@cpe.fr baptiste.renouard@cpe.fr alexandre.vernet@cpe.fr mateusz.wlazlowski@cpe.fr	4	Mathieu