

# MODULE D'AIDE AU DEPLACEMENT POUR FAUTEUIL ROULANT ELECTRIQUE

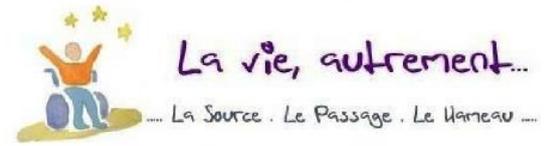


## Table des matières

1. Cahier des charges initial .....	3
2. Cahier des charges actuel .....	5
3. Solutions techniques .....	6
4. Avancement du projet.....	7
a. Développement d'un module Bioloid.....	7
b. Etude du fauteuil roulant électrique .....	8
5. Tâches à réaliser .....	9

## Introduction

L'association "La Vie Autrement", membre du groupement GAPAS (Groupement des Associations Partenaires d'Action Sociale), est une association prenant en charge des personnes pluri handicapées, polyhandicapées, autistes... Ces personnes nécessitent l'aide d'un tiers pour l'exécution des tâches élémentaires de la vie quotidienne.



Afin de prendre en charge toutes ces personnes, La Vie Autrement a ouvert plusieurs établissements :

- 2 instituts d'éducation motrice à Hem et à Wasquehal (La Source et Le Passage) ;
- 2 maisons d'accueil spécialisées (MAS) à Hantay et à Marcq en Baroeul (Le Hameau et La Gerlotte).

Notre projet se déroule en partenariat avec la MAS Le Hameau qui accueille 40 adultes polyhandicapés dépendants dans tous les actes de la vie quotidienne. La moitié de ces résidents se déplacent à l'aide de fauteuils roulants électriques (FRE) dont la commande peut varier (Joystick, boutons...). Cette utilisation des FRE dans un espace comme la maison du Hameau a soulevé des difficultés (collisions entre les résidents, avec les murs, portes etc...).

Pour pallier ces problèmes, l'idée d'un projet en collaboration avec Polytech'Lille est née, le but étant de développer un système permettant d'améliorer la vie en maison d'accueil spécialisée pour tous les résidents en évitant les collisions.

## 1. Cahier des charges initial

Lors de la présentation du projet, le but principal était simple : il fallait permettre à un résident se déplaçant en FRE d'éviter les collisions. Pour cela, l'idée principale était de pouvoir détecter des obstacles et de limiter la vitesse du fauteuil selon la distance de ces derniers. Ce système devait répondre à cette attente principale en restant discret et sans créer de situations de blocage où le résident en FRE serait incapable de redémarrer après la rencontre d'un obstacle.

Une première réunion avec les membres de la MAS Le Hameau a donc eu lieu afin de préciser les attentes des résidents et de proposer certaines de nos idées. Les membres référents du projet sont les suivants :

- Mme Corinne Meillier, directrice de l'établissement MAS Le Hameau
- Mme Claire Lescure, ergothérapeute à la MAS Le Hameau
- Sébastien Potiez, technicien chez FACOM MEDICAL

Lors de cette première rencontre avec les membres du projet ainsi que certains résidents, nous avons pu définir des fonctions principales :

- Détecter des obstacles :

Le module anti-collision devra être capable de détecter des obstacles à courte distance. Afin de pouvoir limiter la vitesse du fauteuil, on devra pouvoir détecter des obstacles dans toutes les

directions. Les obstacles majeurs à détecter sont alors des murs, radiateurs, d'autres résidents etc... Les obstacles considérés complexes (tables, plateaux en hauteur) ne seront potentiellement pas détectés. Enfin, l'utilisation du système anti-collision se fera presque exclusivement en intérieur.

- Limiter la vitesse du fauteuil :

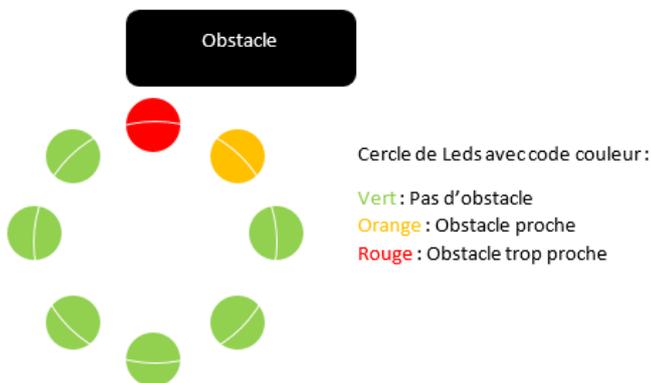
En fonction des informations capteurs, on limitera la vitesse du fauteuil de façon proportionnelle. Plus l'obstacle sera proche, plus la vitesse diminuera jusqu'à provoquer l'arrêt du FRE.

Ces deux fonctions principales ont été retenues après la première réunion, nous avons cependant proposé d'autres idées telles que :

- Signal sonore / visuel lors d'un choc :

Lors d'un choc, le système émet un signal sonore ou un signal clignotant afin de prévenir le personnel de la MAS. Cette idée fut rejetée car les résidents estiment avoir déjà assez de matériel sur leurs fauteuils et désirent un système discret.

- Retour visuel / sonore des obstacles :



Ajouté à leur système de commande, afficher une image des informations capteurs afin d'informer le résident des obstacles présents autour de lui (avec un cercle de Leds et un système de couleurs par exemple). Cependant, la plupart des résidents ne possèdent pas de problèmes de vue et cet investissement ne sera donc pas nécessaire car très peu utile. De même pour un signal sonore, le problème de discrétion est encore soulevé ici.

- Déplacement automatique du fauteuil :

L'objectif ici était qu'une fois l'obstacle rencontré, le FRE puisse de lui-même (sans action du résident) s'écarter ou contourner l'obstacle. Cette idée n'a pas été retenue car lors de la première réunion les résidents ont émis le souhait de garder la liberté de leurs mouvements.

Le fait de proposer des fonctionnalités annexes au système nous a permis de soulever le problème des contraintes du projet. A l'issue de cette première réunion, nous avons alors déterminé les contraintes suivantes :

- Le blocage du fauteuil :

Le système doit permettre aux résidents de se déplacer librement dans la maison sans être bloqués au moindre croisement ou passage de porte. La détection d'obstacle doit donc être précise et adaptée afin de permettre aux résidents de se déplacer dans des zones étroites et de croiser d'autres résidents sans rester bloqués. Cependant, on prévoira tout de même un système de By-Pass permettant de contourner les informations des capteurs afin de reprendre la main sur le fauteuil sans tenir compte de la détection d'obstacles.

- La discrétion du système :

Le système devra être discret, non encombrant et ne devra pas comporter de fils susceptibles d'être arrachés par les résidents.

- La garantie du fauteuil :

Le système anti-collision ne devra pas empêcher le bon fonctionnement de la garantie constructeur du FRE. On ne devra donc pas effectuer de soudure ou modifier l'électronique existante, cependant nous pouvons l'utiliser afin de modifier les signaux de commande.

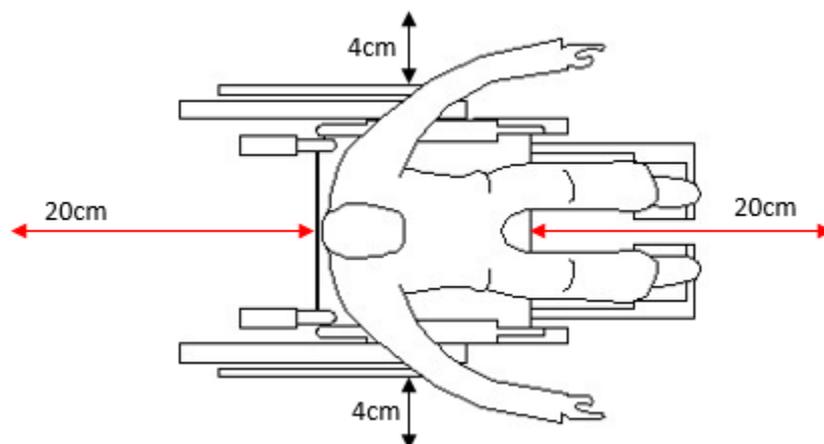
## 2. Cahier des charges actuel

Après cette première approche du projet, nous nous sommes concentrés sur la rédaction d'un cahier des charges technique qui convenait aux deux parties (Polytech'Lille et La Vie Autrement). En accord avec M. Conrard, nous avons développé la version actuelle du cahier des charges (en annexe 1) dans laquelle nous apportons des précisions techniques sur toutes les fonctionnalités requises du système anti-collision.

Nous avons alors défini la notion d'obstacle afin de correspondre au besoin. Un obstacle est alors un objet possédant une surface pleine entre une hauteur de 30cm et 40cm. De cette façon, on détectera efficacement les murs, radiateurs et autres résidents sans pour autant pouvoir prétendre à la détection d'une table.

De plus, nous avons défini des distances de détection provoquant l'arrêt du fauteuil. Lorsqu'on détectera un obstacle dans la trajectoire (avant ou arrière) du fauteuil à une distance de 20cm ou moins, le fauteuil devra s'arrêter. De même pour un obstacle à moins de 4cm sur les côtés. Cela nous permet de pallier la longueur des repose-jambes présents à l'avant du fauteuil et la longueur du bloc batteries + roues à l'arrière.

N.B : Toutes les distances sont considérées à partir de la base du fauteuil.



Enfin, un indice de protection a été défini afin de prévoir le déplacement en extérieur. Nous avons choisi un IP44 permettant la protection contre des corps solides supérieurs à 1mm et contre les projections d'eau dans toutes les directions. Cette valeur est une valeur de sécurité et est atteignable par la majorité des capteurs.

La totalité du cahier des charges accepté par tous les membres du projet est joint en annexe 1.

### 3. Solutions techniques

Après avoir validé le cahier des charges, nous avons proposé différentes solutions techniques que nous avons présentées aux membres du projet afin de faire un choix. Les critères principaux de choix des solutions pour ce projet sont :

- Le prix : le module anti-collision doit être d'un prix faible étant donné le prix déjà important des FRE.
- L'encombrement : afin de respecter la contrainte de discrétion imposée par le cahier des charges.

Afin de détecter les obstacles, les propositions étaient les suivantes :

- Télémètres ultrasons ou laser :

- Les télémètres nous permettent bien de détecter des obstacles dans une zone de travail importante avec une précision satisfaisante. Cependant, ces capteurs sont d'une taille non négligeable et d'un prix assez élevé.



- Capteurs infrarouges :

- Les capteurs infrarouges sont efficaces pour détecter des obstacles dans un cône de rayon faible. Ce qui implique la nécessité d'avoir de nombreux capteurs à infrarouges pour surveiller tous les contours du FRE.



- Capteurs ultrasons :

- Les capteurs à ultrasons, malgré leur fiabilité légèrement inférieure aux capteurs infrarouges, permettent d'agir dans des cônes plus importants. De plus, ils sont peu encombrants et possèdent un prix inférieur aux autres solutions.



Afin d'effectuer la fonction « Détecter des obstacles », le choix s'est alors porté vers les capteurs à ultrasons. En effet, ils possèdent un rayon de détection satisfaisant dans les distances étudiées et leur prix est le plus faible. De plus, leur faible taille permet de répondre au critère d'encombrement posé par les résidents. On disposera alors un nombre de capteurs à ultrasons nécessaire à la surveillance de chaque côté du FRE pour le bon fonctionnement du système.

Afin de récupérer les informations de ces capteurs et de modifier les signaux de commande des moteurs en conséquence, nous avons besoin d'une carte microcontrôleur compatible avec des capteurs à ultrasons. Les contraintes ici restent inchangées, à savoir un prix et un encombrement faibles.

Pour les cartes  $\mu\text{C}$ , nous avons proposé deux solutions :

- Carte  $\mu\text{C}$  PIC :
  - Pour un prix d'environ 30 à 40€, une carte  $\mu\text{C}$  PIC possède toutes les caractéristiques nécessaires pour recevoir et agir sur des signaux. On y retrouve un nombre d'entrées/sorties suffisant pour notre application et une rapidité de calcul de bonne qualité.
- Carte  $\mu\text{C}$  Arduino :
  - Pour un prix d'environ 30 à 45€, une carte  $\mu\text{C}$  Arduino possède les mêmes caractéristiques qu'une carte PIC évoquée précédemment. Cependant, la rapidité de calcul est légèrement inférieure dans la plupart des cas.



Afin de limiter la vitesse du fauteuil, on agira donc sur les signaux de commande envoyés aux moteurs. Pour contrôler ces signaux, nous avons choisi d'utiliser une carte  $\mu\text{C}$  Arduino pour différentes raisons. La robustesse des systèmes Arduino ainsi que nos connaissances déjà acquises sur l'utilisation des cartes  $\mu\text{C}$  de ce type sont des atouts majeurs pour le projet.

## 4. Avancement du projet

Depuis le début du projet, nous avons passé la majeure partie du temps accordé à élaborer un cahier des charges technique qui serait validé par les deux parties participant au projet. Nous avons alors étudié les fauteuils roulants électriques en général, puis grâce aux rencontres avec les résidents et les membres du personnel de la MAS Le Hameau, nous avons pu discuter des besoins et des contraintes afin de décrire une première version de ce cahier des charges. Après de nombreuses modifications, une version complète et validée par tous les membres du projet a été rédigée.

Une fois la validation effectuée, nous avons proposé différentes solutions techniques et nous avons retenu la plus économique et la moins encombrante afin de parfaire aux besoins des résidents. De plus, grâce à cette validation du cahier des charges, nous avons pu commencer à développer un modèle réduit pouvant représenter le déplacement du FRE après l'application de notre système final.

### a. Développement d'un module Bioloid

Afin de simuler le fonctionnement du fauteuil lorsque la détection d'obstacle sera intégrée, nous avons développé un module roulant Bioloid équipé de 4 roues et d'un capteur permettant de repérer des obstacles dans 3 directions (on simulera alors la détection avant, droite et gauche).



Nous avons alors développé 3 différents scénarios :

- Déplacement avant
- Rotation vers la droite
- Rotation vers la gauche

Dans chacun de ces scénarios, nous observons les informations capteur reçues afin d'adapter la vitesse des roues en fonction de la distance des obstacles détectés.

Pour cela, nous avons défini plusieurs distances de détection :

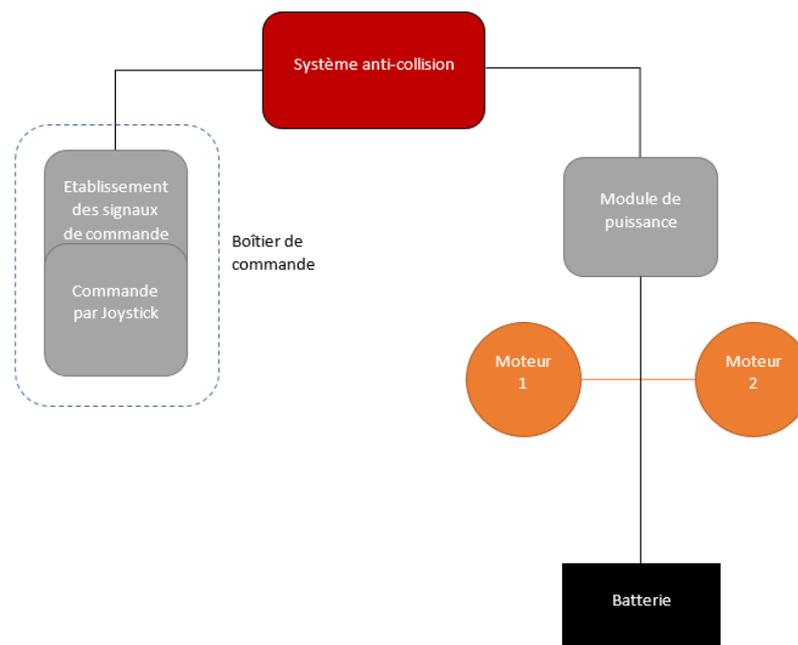
- 3 distances pour la face avant permettant de détecter un obstacle :
  - Eloigné
  - Proche
  - Trop proche
- 3 distances pour les faces droite et gauche similaires.

Lorsque le capteur détecte un obstacle à une distance éloignée, la vitesse diminue faiblement. Si l'obstacle se rapproche, la vitesse diminue de nouveau jusqu'à ce qu'il soit considéré trop proche. Dans ce cas, la vitesse devient nulle jusqu'à ce que l'obstacle (s'il est mobile) s'éloigne du capteur et le cycle normal de détection reprend son cours.

Ce module Bioloid permettra aux membres du projet de visualiser l'objectif final sur un modèle réduit. Il est à noter que nous avons défini 3 distances de détection et 3 vitesses de déplacement. Dans le module final, la vitesse devra évoluer de façon proportionnelle à la distance de l'obstacle détecté afin de rendre la limitation de vitesse la plus fluide possible et ainsi éviter les phénomènes d'inertie trop importants.

## b. Etude du fauteuil roulant électrique

Une fois le fauteuil roulant électrique reçu (4 décembre 2014), nous avons pu obtenir certaines informations de Martin NICOLAS, ergothérapeute à la MAS La Gerlotte. Le fauteuil en question possède la structure suivante (légèrement différente de la structure de départ) :



La commande du fauteuil contient alors le Joystick ainsi qu'une carte électronique permettant l'établissement des signaux de commande. Le but principal de notre système anti-collision sera alors de s'intégrer entre la commande et le module de puissance afin de récupérer les signaux de commande. Une fois récupérés, nous devons les modifier en fonction des informations capteur reçues afin de diminuer la vitesse des moteurs ou non.

Le point le plus important ici sera alors l'étude et le décodage des signaux de commande à la sortie du boîtier. Après discussion avec des techniciens et ergothérapeutes, ces signaux peuvent être encodés selon différents protocoles utilisés par les constructeurs de FRE. La difficulté sera alors de connaître l'encodage utilisé en allant chercher l'information chez les constructeurs ou les techniciens ayant accès aux documents techniques du fauteuil. Il est à noter que cette étape ne sera pas réalisable sans accès aux documents techniques.

## 5. Tâches à réaliser

Nous avons pu diviser les tâches restantes à réaliser en 3 parties : Hardware/Software, Electronique et Mécanique.

Dans la partie Hardware et Software, nous devons traiter tous les problèmes liés à la réalisation du réseau de capteurs et à la communication avec la carte  $\mu$ C. Nous devons alors développer un algorithme de commande permettant la bonne transformation des signaux de commande à envoyer au module de puissance.

Dans la partie Electronique se posent tous les problèmes liés à l'alimentation des différents composants. Le système anti-collision doit pouvoir être alimenté par la batterie du fauteuil, ce qui implique le développement d'une carte d'adaptation de tension. On retrouvera aussi dans cette partie Electronique toutes les études nécessaires à la bonne compréhension des signaux électriques parcourant le fauteuil, et notamment les signaux de commande en sortie du boîtier Joystick.

Enfin, on réfléchira à une implémentation mécanique du système avec une protection de la carte  $\mu$ C ainsi que des capteurs tout en respectant au maximum la contrainte d'encombrement.

La liste complète des tâches restantes à réaliser est située en annexe 2.

## Conclusion

Durant cette première période de projet, nous avons pu développer un cahier des charges technique dans le cadre d'un projet technique concret. Ce document devait être validé par l'ensemble des membres du projet et nous avons dû apprendre à écouter les besoins et les différentes contraintes de chacun.

Après avoir validé le cahier des charges, nous avons proposé plusieurs solutions techniques et nous avons choisi, avec les membres de la MAS Le Hameau, la solution qui paraissait la plus intéressante et qui respectait différentes contraintes.

De plus, afin de rendre le projet plus visuel, en accord avec M. CONRARD, nous avons développé un modèle réduit permettant de représenter les déplacements du FRE lorsqu'il sera équipé du module anti-collision, le tout grâce à du matériel Bioloid. Cela nous a permis de réfléchir à l'algorithme de commande de la vitesse en ayant un modèle de test afin de se rendre compte de toutes les contraintes présentes lors des déplacements d'un FRE.

Cette première période de projet nous a alors permis de nous poser les bonnes questions quant à l'élaboration des fonctions techniques que devaient réaliser notre système. Cela nous a aussi permis d'avoir la possibilité de travailler pour le monde du polyhandicap et de mettre à profit nos connaissances pour une cause humaine. Nous espérons alors être capables de réaliser ce projet jusqu'au bout afin d'inciter à la réalisation d'autres modules d'aide au déplacement pour les personnes polyhandicapées.

# ANNEXE 1 :

## FAUTEUIL ROULANT INTELLIGENT

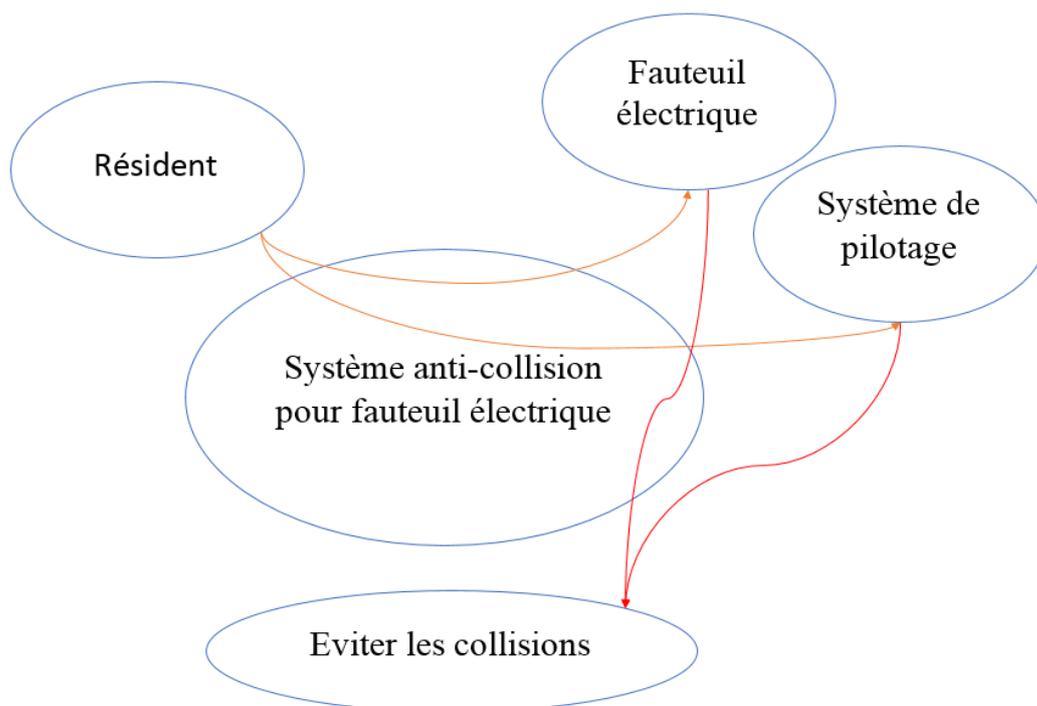
### CAHIER DES CHARGES

L'association "La vie autrement", membre du groupement GAPAS, s'est fixée pour objectif de permettre à des personnes associant déficiences physiques et mentales de trouver un espace adapté où elles peuvent exprimer et exploiter tous leurs potentiels.

Afin d'atteindre cet objectif, l'association a ouvert plusieurs maisons d'accueil spécialisées et notamment la maison du Hameau située à Hantay. Cette maison d'accueil regroupe 40 adultes polyhandicapés pour la plupart entièrement dépendants pour tous les actes de la vie quotidienne. La moitié de ces résidents se déplacent à l'aide d'un fauteuil roulant électrique dont la commande peut varier (joystick, boutons...). Cette utilisation des fauteuils roulants dans un espace tel que la maison du Hameau a soulevé des difficultés (collisions entre les résidents, avec les murs, portes etc...).

Pour pallier ces problèmes, l'idée d'un projet en collaboration avec l'école d'ingénieur Polytech'Lille est née, le but étant de développer un système permettant d'améliorer la vie en maison d'accueil pour tous les résidents en évitant les collisions.

#### Description du besoin :



Le système anti-collision permettra au résident en fauteuil électrique, en liaison avec son système de pilotage, d'éviter les collisions.

## Objectifs :

Développer un système permettant aux résidents en fauteuil électrique :

- D'éviter les collisions avec l'environnement des maisons d'accueil :
  - Avec les murs, radiateurs...
  - Avec les autres fauteuils et le personnel
- D'améliorer leurs déplacements :
  - Lors de passages étroits
  - Lors de la rencontre d'autres résidents ou du personnel

## Fonctions principales :

La fonction principale du système est :

- Empêcher les collisions

Les fonctions permettant d'atteindre cet objectif sont donc les suivantes :

- F0 : Détecter les obstacles

Le système devra être capable de détecter des obstacles statiques et mobiles. On définit les obstacles comme tout objet se trouvant à une hauteur minimale de 30 cm et une hauteur maximale de 40 cm. L'obstacle doit posséder une surface pleine entre ces 2 hauteurs.

- F1 : Limiter la vitesse du fauteuil

Le système, relié au module de commande du fauteuil, devra être capable de limiter la vitesse de ce dernier. Il devra donc pouvoir accéder aux signaux de commande du fauteuil et les modifier afin d'empêcher les collisions.

- SF1 : Arrêter le fauteuil

Le système, relié au module de commande du fauteuil, devra être capable d'empêcher le mouvement dans la direction de l'obstacle lorsque ce dernier sera trop rapproché. On considérera un obstacle trop proche lorsqu'il sera à une distance inférieure à 4cm sur les côtés du fauteuil, et 20cm dans la trajectoire du fauteuil.

## Contraintes :

Ces objectifs devront être réalisés en tenant compte des contraintes suivantes :

- C1 : Ne pas rompre la garantie constructeur du fauteuil électrique.
- C2 : Le système doit permettre au fauteuil de circuler en zones étroites (couloir, passage de porte). On définit une zone étroite comme toute zone dont la largeur est inférieure à : largeur du fauteuil + 40 cm.
- C3 : Le système doit être utilisable en extérieur. Il présentera un indice de protection de 44. C'est-à-dire qu'il sera protégé contre les corps solides supérieurs à 1mm et contre les projections d'eau dans toutes les directions.
- C4 : Le système développé doit s'intégrer harmonieusement avec le fauteuil.
- C5 : Le système doit pouvoir être alimenté grâce aux batteries du fauteuil.
- C6 : L'intégration du module (fixation mécanique) ne doit pas altérer la garantie du fauteuil.

## ANNEXE 2 : Liste des tâches

- Commander les composants + moyen de protection pour carte  $\mu\text{C}$

### Développement Hardware et Software :

- Objectif : Réaliser le réseau de capteurs complet
  - Tester la fonctionnalité de chaque composant
    - Faire des programmes de test simples
  - Réaliser l'algorithme de commande
    - Définir la place des capteurs sur le fauteuil
    - Définir tous les scénarios de commande. ex :
      - Valeur capteur face < XX : Envoyer une commande (valeur de tension) de freinage.
  - Tester le bon fonctionnement du réseau et de l'algorithme de commande

### Electronique :

- Objectif : Alimenter le système (RDC+ $\mu\text{C}$ ) et y relier les signaux de commande
  - Etudier l'alimentation des composants
    - Répertorier les tensions d'alimentation de chaque composant
  - Etudier l'architecture électronique du fauteuil
    - Etudier l'alimentation du fauteuil
    - Etudier les moyens de raccordement des alimentations RDC et Fauteuil
    - Observer les signaux de commande présents
  - Développer une carte électronique d'adaptation de tension
    - Alimenter le RDC et la carte  $\mu\text{C}$  grâce à l'alimentation du fauteuil
  - Relier la carte  $\mu\text{C}$  à la commande des moteurs du fauteuil
    - Nappe ?

### Mécanique :

- Réfléchir à l'implémentation mécanique en fonction des composants choisis
  - Visserie, Velcro ?
- Implanter mécaniquement le système sur un fauteuil réel