



# Cahier de charges

Pilotage d'un système dans les 3 dimensions

M1. Master en Systèmes Embarqués et Systèmes Intégrés

Projet Master 1

Étudiant : JAVIER LÓPEZ José Antonio

No. Etudiant : 21804920

Date de livraison : 28 février 2019

Professeur : Johann Laurent

## 1. Introduction

Afin de réaliser le cahier des charges fonctionnel et technique, l'idée du projet sera plus développée.

### 1.1. Enoncé du besoin

Pour identifier le besoin principal ou le but de l'étude, on utilise l'outil « la bête à corne ».

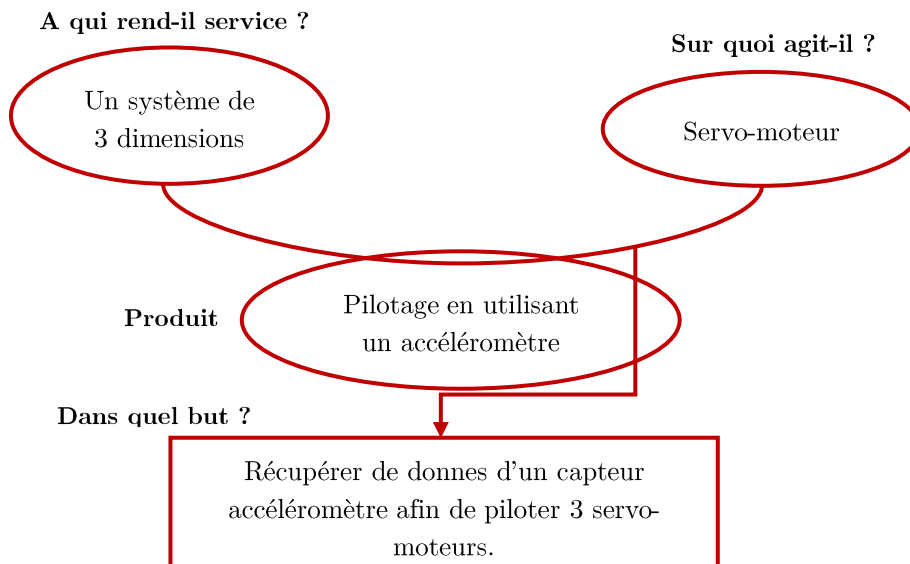


Schéma 1. Enoncé du besoin en utilisant la bête à corne

On utilise aussi le diagramme pieuvre pour définir les fonctions que doit remplir le système de pilotage tridimensionnel.

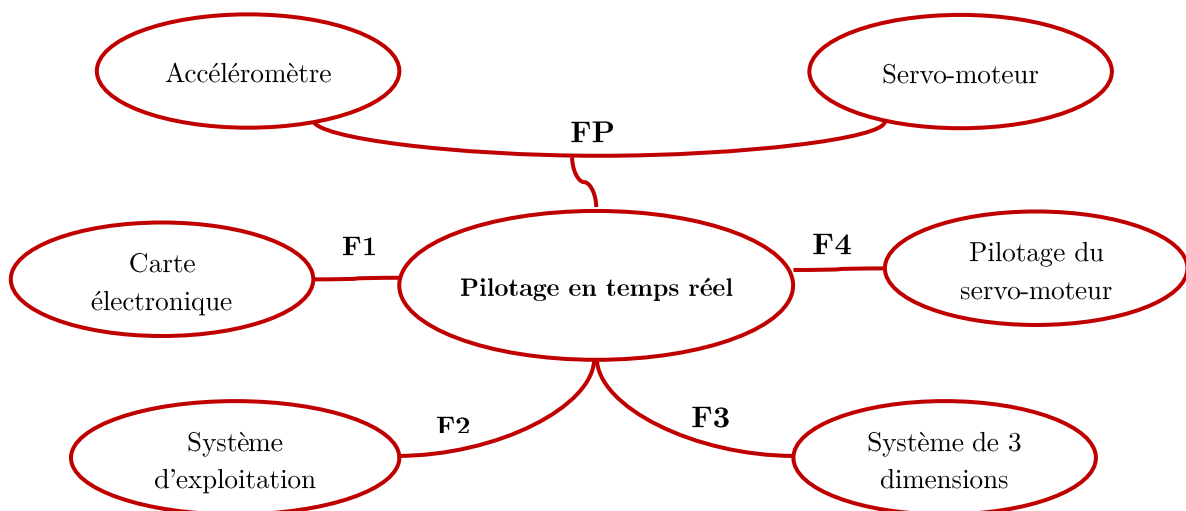


Schéma 2. Identifications des fonctions

Liste des fonctions qui doivent être remplies pour exécuter le projet :

- Fonction principale (FP) : Récupérer les données du capteur afin de piloter trois servo-moteurs.
- Fonction secondaire 1 (FS1) : Utiliser une carte électronique STM32 pour la gestion globale du projet.
- Fonction secondaire 2 (FS2) : Utiliser un système d'exploitation FREERTOS pour gérer les

taches du système.

- Fonction secondaire 3 (FS3) : Gérer le mouvement des servo-moteurs, afin de contrôler un système dans le 3 dimensions.
- Fonction secondaire 3 (FS4) : Commander les servo-moteurs selon les données reçues par le capteur.

## 1.2. Objectifs

Utiliser un système d'exploitation FREERTOS sur la carte STM32. L'acquisition de données de l'accéléromètre et le pilotage des servo-moteurs seront gérés par l'OS.

Les objectifs spécifiques pour atteindre l'objectif principal sont les suivants :

- Prendre en main le système d'exploitation FREERTOS.
- Établir une communication entre le capteur et la carte électronique pour la réception des données.
- Gérer trois sorties de la carte électronique en mode PWM.
- Approfondir les connaissances en électronique.

## 1.3. Présentation du système général

L'objet d'étude est de récupérer l'information d'un accéléromètre 3 axes (X,Y,Z) afin de piloter un système dans les 3 dimensions (3 servo-moteurs). La récupération des données et le pilotage du système sera géré par le système d'exploitation FREERTOS en initialisant les tâches de façon périodique. Une représentation schématique des principaux composants (capteur, carte électronique et système dans le trois dimension) du système, est présenté ci-dessous :

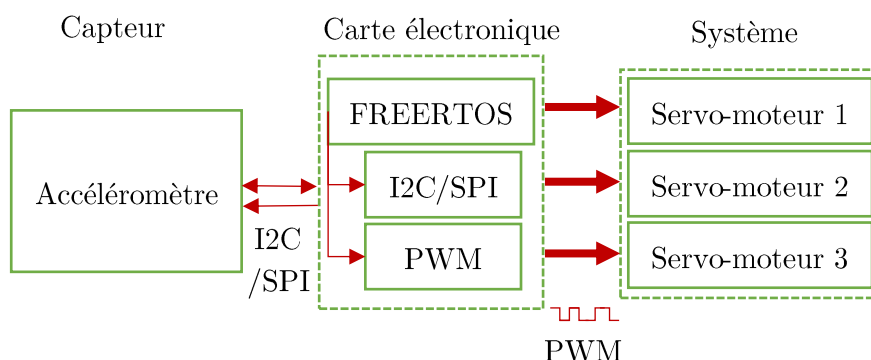


Schéma 3. Représentation du Système

## 2. Critères du projet

En se basant sur le diagramme pieuvre et la représentation du système, nous proposons les critères suivants pour la réalisation de notre système :

Tableau 1. Contraintes du système

Fonctions	Désignation	Critères	Niveau	Flexibilité
<b>FP</b>	Récupérer des données par le capteur accéléromètre afin de piloter trois servo-moteurs	Valeurs obtenues par l'accéléromètre	Gravité	$\pm 2g/\pm 4g/\pm 8g/\pm 16g$
<b>FS1</b>	Utiliser une carte électronique STM32 pour la gestion globale du projet	Communication	I2C SPI	
<b>FS2</b>	Utiliser un système d'exploitation FREERTOS pour gérer les tâches du système	Gestion de tâches	Tâches	1 ou 2 tâches
<b>FS3</b>	Gérer le mouvement des servo-moteurs, afin de contrôler une plate-forme tridimensionnelle	Positionnement	0-180°	$\pm 1^\circ$
<b>FS4</b>	Commander les servo-moteurs selon les données reçues par le capteur	Génération du signal PWM	Fréquence Rapport Cyclique	50Hz entre 5 et 10%

### 3. Proposition d'algorithme de fonctionnement

Un algorithme est proposé pour le fonctionnement du système :

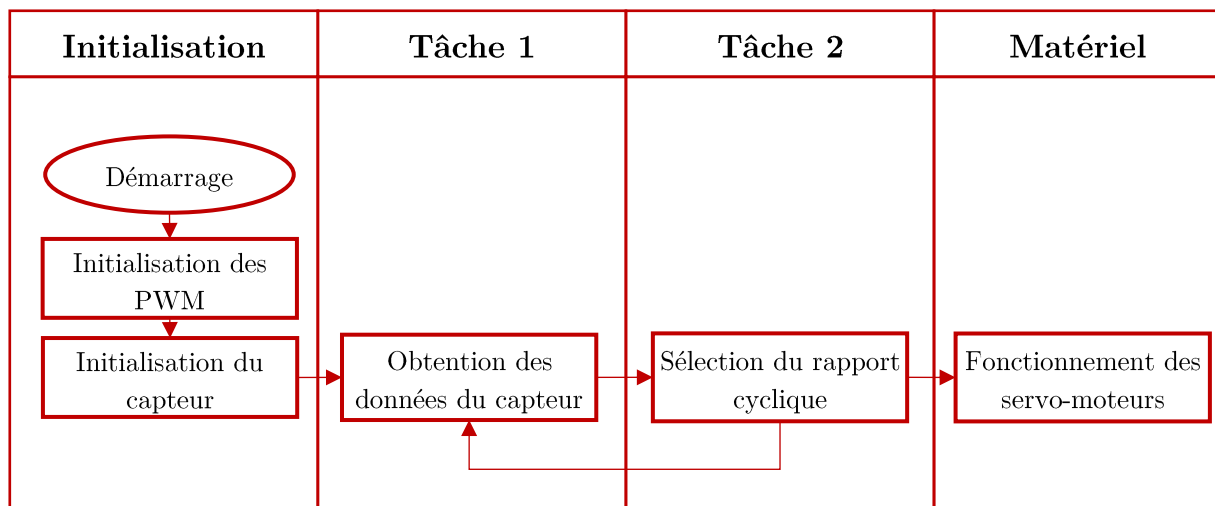


Schéma 4 .Proposition d'algorithme de fonctionnement

L'algorithme présenté est une proposition, qui peut subir des modifications. Il dépendra de la gestion des tâches que nous souhaiterons effectuer avec le système FREERTOS.

## 4. Matériel mis à disposition

Le matériel et équipement nécessaire pour le développement du projet sera fourni par l'Université Bretagne Sud.

- Matériel :
  - 1 capteur LIS3DH.
  - 1 Kit Servo leg VR013.
  - 1 carte électronique modèle STM32L053 nucleo-64.
- Équipement :
  - 1 Oscilloscope.
  - 1 Multimètre.
  - 1 fer à souder.

## 5. Budget

Pour développer le projet, il faudra d'un investissement estimé de **57.41€**. Le prix de chacun des composants est affiché dans le tableau suivant (sans compter les frais d'expédition) :

Tableau 2. Budget estimé du projet

Composant	Prix
Capteur LIS3DH	4.80 <sup>1</sup> €
Carte électronique STM32F446 nucleo-64	12,71 <sup>2</sup> €
Kit Servo leg VR013	39,90 <sup>3</sup> €
<b>Total</b>	<b>57.41€</b>

Les informations techniques des composants principaux sont disponibles dans l'**Annexe 1**.

## 6. Tests à réaliser :

- Vérifier le bon fonctionnement du composant à l'aide du multimètre.
- Vérifier la variation des valeurs reçues en fonction du positionnement du capteur.
- Vérifier dans un oscilloscope la modification du signal PWM en fonction de l'acquisition des données reçues par le capteur.
- Vérifier le positionnement du moteur en fonction le positionnement du capteur.

## 7. Risques

Pendant le développement d'un projet, il y a des événements qui peuvent compromettre son exécution

<sup>1</sup> Prix obtenu le 08/02/2019 sur le site : <http://k6.re/bAC0u>

<sup>2</sup> Prix obtenu le 08/02/2019 sur le site : <http://k6.re/VCcjE>

<sup>3</sup> Prix obtenu le 08/02/2019 sur le site : <http://k6.re/aQQrX>

Il est donc nécessaire de garder à l'esprit leur impact possible et la manière de le résoudre. La possibilité et l'impact de certains risques identifiés sont affichés sur le tableau suivant :

Tableau 3. Priorité des risques

ID	Risque	Échelle d'impact (1)	Probabilité de survenance (2)	Exposition aux risques (1*2)	Priorité
R1	Surcharge de travail avec d'autres unités d'apprentissage.	90	80%	72	Élevée
R2	Problèmes dans l'acquisition des valeurs des capteurs.	90	40%	36	Moyen
R3	Problème dans la gestion des tâches avec le système FREERTOS.	80	60%	48	Moyen
R4	Problème de contrôle sur les servo-moteurs.	50	20%	10	Faible
<b>Faible 0-33, Moyen 34-67, Élevée 68-100</b>					

Afin de minimiser l'impact des risques identifiés, une réponse est proposée pour chacun de ces risques.

Tableau 4. Réponse contre les risques

ID	Risque	Response
1	Surcharge de travail avec d'autres unités d'apprentissage.	Il est proposé l'organisation hebdomadaire des activités qui se développeront. Il est proposé aussi l'utilisation d'un « Organigramme des tâches » comme système de vérification pour visualiser les tâches achevées et celles qui restent à accomplir. Des heures supplémentaires devront être effectuées afin d'atteindre tous les objectifs du projet.
2	Problème dans la gestion des tâches avec le système FREERTOS.	Comme il s'agit d'un sujet récent, il est donc proposé d'examiner les documents disponibles sur l'Internet. Seulement si l'information n'est pas trouvée la consultation à l'enseignant sera nécessaire.
3	Problèmes dans l'acquisition des valeurs des capteurs.	Problème d'accès aux registres des capteurs et de synchronisation des données. Il est proposé d'examiner les documents disponibles sur l'Internet. Seulement si l'information n'est pas trouvée la consultation à l'enseignant sera nécessaire.
4	Problème de contrôle sur les servo-moteurs.	La carte a besoin d'au moins 3 sorties PWM pour contrôler les servo-moteurs. Il faut également vérifier si la carte électronique peut fournir l'alimentation électrique du capteur et des trois servo-moteurs. Sinon l'intégration d'une étape de puissance sera donc nécessaire.

## 8. Planning

Pour développer le chronogramme, il faut partir de l'élaboration de l'organigramme des tâches du projet (OTP), en considérant 6 étapes principales avec un total de 22 activités qui ensemble, assureront le succès du projet.

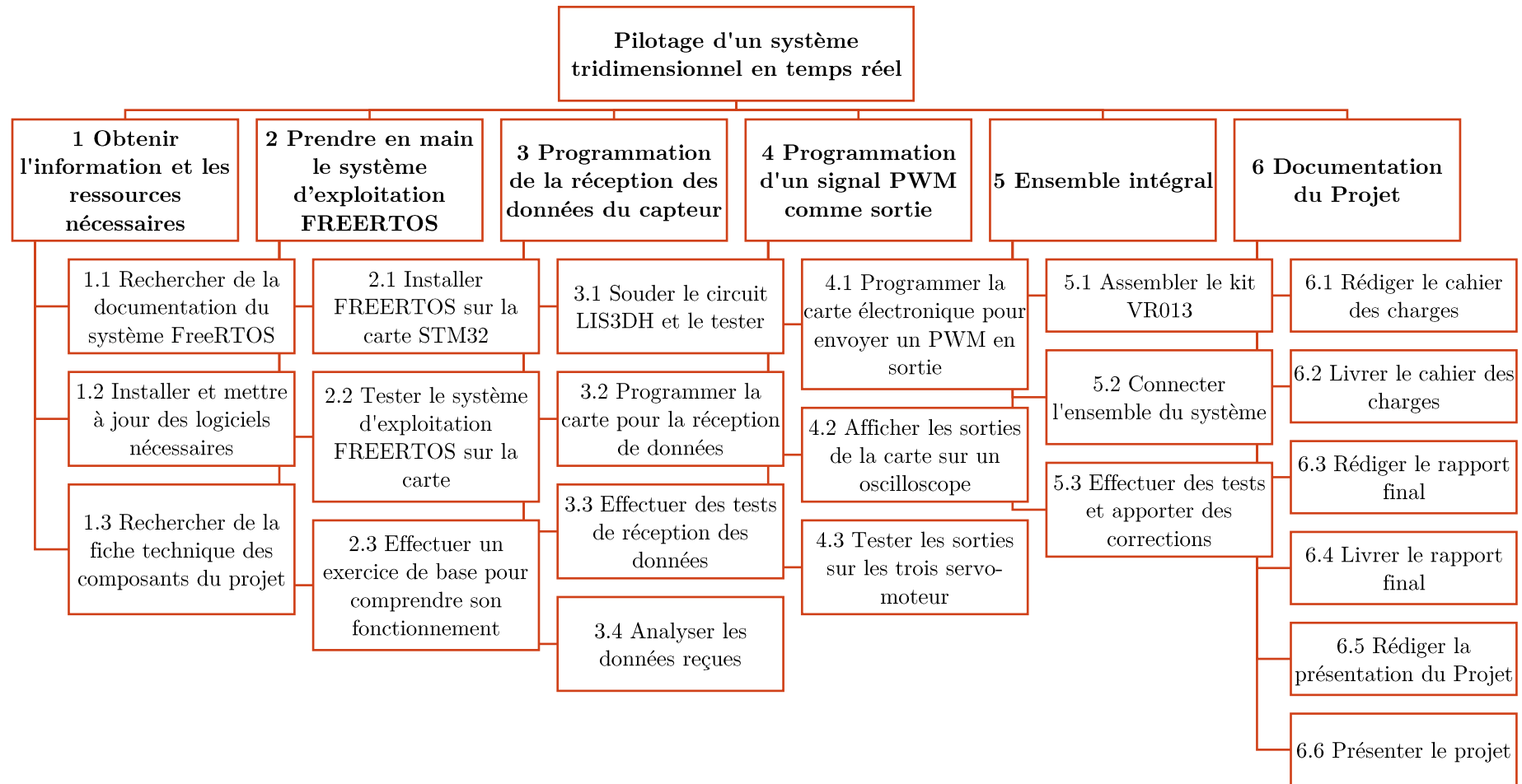


Schéma 5. Organigramme des tâches du projet

L'organigramme peut également servir pour visualiser l'avancement du projet.

Pour réaliser le projet il nous faudra un total de 40 h, nous retrouvons ci-dessous un tableau récapitulatif du travail à fournir. Puisque de nombreuses activités doivent être réalisées pour l'exécution du projet, les tâches sont représentées en minutes.

Tableau 5. Planning du projet

ID	Activités	Début [2019]	Fin [2019]	Durée [min]	Jours de cours [2019]									
					30/01	12/02	13/02	26/02	27/02	05/03	19/03	20/03	25/03	27/03
	Pilotage d'un système tridimensionnel en temps réel	30/01	27/03	2400										
1	Obtenir l'information et les ressources nécessaires	30/01	30/01	180										
1.1	Rechercher de la documentation du système FreeRTOS	30/01	30/01	60										
1.2	Installer et mettre à jour des logiciels nécessaires	30/01	30/01	60										
1.3	Rechercher de la fiche technique des composants du projet	30/01	30/01	60										
2	Prendre en main le système d'exploitation FREERTOS	12/02	13/02	420										
2.1	Installer FREERTOS sur la carte STM32	12/02	13/02	240										
2.2	Tester le système d'exploitation FREERTOS sur la carte	13/02	13/02	120										
2.3	Effectuer un exercice de base pour comprendre son fonctionnement	13/02	13/02	60										
3	Programmation de la réception des données du capteur	26/02	27/02	410										
3.1	Souder le circuit LIS3DH et le tester	26/02	26/02	30										
3.2	Programmer la carte pour la réception de données	13/02	26/02	200										
3.3	Effectuer des tests de réception des données	27/02	27/02	120										
3.4	Analyser les données reçues	27/02	27/02	60										
4	Programmation d'un signal PWM comme sortie	27/02	19/03	480										
4.1	Programmer la carte électronique pour envoyer un PWM en sortie	27/02	05/03	300										
4.2	Afficher les sorties de la carte sur un oscilloscope	19/03	19/03	120										
4.3	Tester les sorties sur les trois servo-moteur	19/03	19/03	60										
5	Ensemble intégral	19/03	25/03	300										



ID	Activités	Début [2019]	Fin [2019]	Durée [min]	Jours de cours [2019]									
					30/01	12/02	13/02	26/02	27/02	05/03	19/03	20/03	25/03	27/03
5.1	Assembler le kit VR013	19/03	19/03	60										
5.2	Connecter l'ensemble du système	20/03	20/03	120										
5.3	Effectuer des tests et apporter des corrections	25/03	25/03	120										
6	<b>Documentation du Projet</b>	<b>30/01</b>	<b>27/03</b>	<b>610</b>										
6.1	Rédiger le cahier des charges	30/01	12/02	120										
6.2	Livrer le cahier des charges	26/02	26/02	10										
6.3	Rédiger le rapport final	20/03	25/03	150										
6.4	Livrer le rapport final	27/03	27/03	10										
6.5	Rédiger la présentation du Projet	25/03	25/03	90										
6.6	Présenter le projet	27/03	27/03	230										

La plupart du temps sera consacré aux activités techniques. Toutefois, le calendrier prévoit beaucoup de temps pour l'élaboration de documents tels que le cahier des charges, la présentation et le rapport final. Pour cette raison, toutes les activités doivent être exécutées dans l'ordre strict afin d'assurer la réussite du projet et ne pas avoir de retard.

## 9. Annexe 1. Information technique des composants

Le titre de chaque tableau contient un lien pour consulter toutes les informations techniques sur la page officielle des composants.

Tableau 6. Information technique des composantes

Capteur LIS3DH		
Spécifications	Mesure	
Axe	X, Y, Z	
Plage d'accélération	±2 g, 4 g, 8 g, 16 g	
Sensibilité (LSB/g)	1 000 (±2 g) ~ 83 (±16 g)	
Largeur de bande	0,5 Hz ~ 625 Hz	
Type de sortie	I²C, SPI	
Alimentation en tension	1,71V ~ 3,6V	
Carte électronique STM32L053 Nucleo		
Spécifications	Mesure	
STM32L053	ARM Cortex M0	64 KB Flash
	32 MHz Fréquence max	8 KB SRAM
Tension d'alimentation de fonctionnement	3.3 V, 5 V, 7 V jusqu'à 12 V	
Tension VDD	Du 1.65 V jusqu'à 3.6 V	
Ports de communication	2 I2C	2 SPI
	3 USART	1 USB 2.0 full-speed
Nombre de entrées/sorties à usage général	51 GPIO	
ADC	12-bit avec 16 canaux	
DAC	12-bit avec 1 canal	
Nombre de horloges	5 horloges	
Servo-moteur 9g		
Spécifications	Mesure	
Dimensions	22 x 11.5 x 27 mm	
Poids	9 gr	
Tension d'alimentation	4.8 V à 6 V	
Vitesse	0.12 s / 60° sous 4.8 V	
Couple	1.2 Kg / cm sous 4.8 V	
Amplitude	De 0 à 180°	