

2009-2010



**GROUPE
2B**

PROJET PLURITECHNIQUE ENCADRE

ROLLER ELECTRIQUE

REALISATION

SIVA Pooviarasane

PERRET Ulysse

AHMED Mohamed

SCHWARTZ Jonathan

REMERCIEMENTS

Nous souhaitons remercier les personnes qui nous ont aidés et soutenues tout au long de l'année à la concrétisation de notre projet :

- Nos professeurs de Sciences de l'ingénieur, M. François BOZSODI (professeur de Génie Mécanique) et M. Pierre JULIA (professeur de Génie Électronique), pour leurs disponibilités et leurs explications fournies.
- Les relations extérieures au lycée qui ont su nous apporter des renseignements et des précisions

Sommaire ...

Thème : Adaptation d'un système en réponse a une évolution du besoin

Sous thème : Roller électrique

Problématique : Comment peut-on réaliser des rollers à assistance électrique afin que l'utilisation de ce moyen de déplacement ne soit pas un sport (transpiration...) et permettre aux personnes d'aller au travail par analogie au vélo à assistance électrique ?

Dès la rentrée 2009 en classe de terminale Ssi les PPE (projet personnel encadré). Le projet, « roller électrique » fut récupéré.

Ce projet a permis aux membres du groupe d'appliquer au mieux leurs acquis en SI (sciences de l'ingénieur) puisque c'est l'unique discipline dans laquelle il est possible de développer ces PPE.

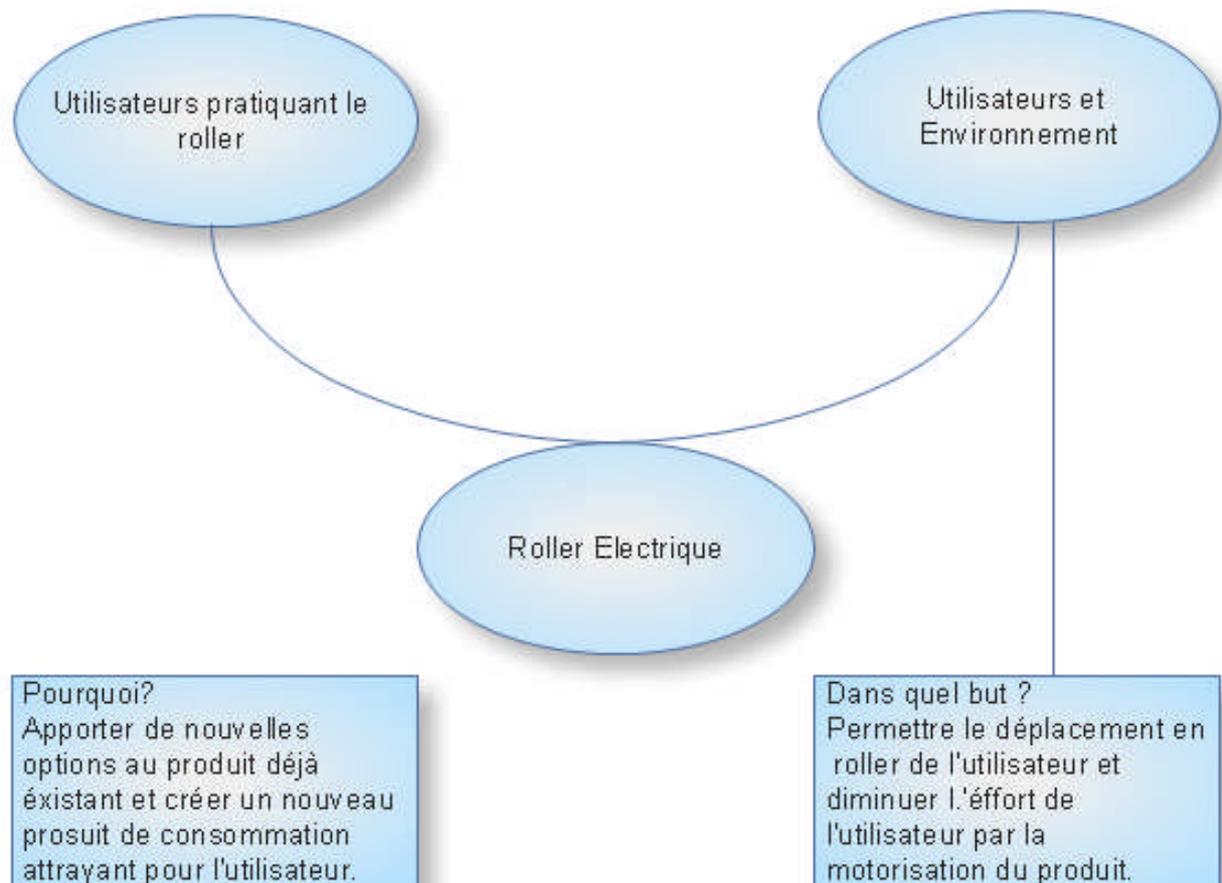
Le roller électrique a été le projet capable de nous faire étudier, réaliser et mettre au point un et mettre au point des rollers sur les aspects mécanique et électrique, tous constitutifs des sciences de l'ingénieur.

L'objectif a été de fabriquer des rollers électriques qui fonctionnent en respectant les contraintes imposées par le cahier des charges fonctionnelles. Pour arriver à cette finalité, dans un premier temps, nous avons entrepris une analyse fonctionnelle, puis des études mécaniques et électriques simultanément, pour finalement aboutir sur la conception d'un prototype.

Analyse Fonctionnelle

Expression fonctionnelle du besoin

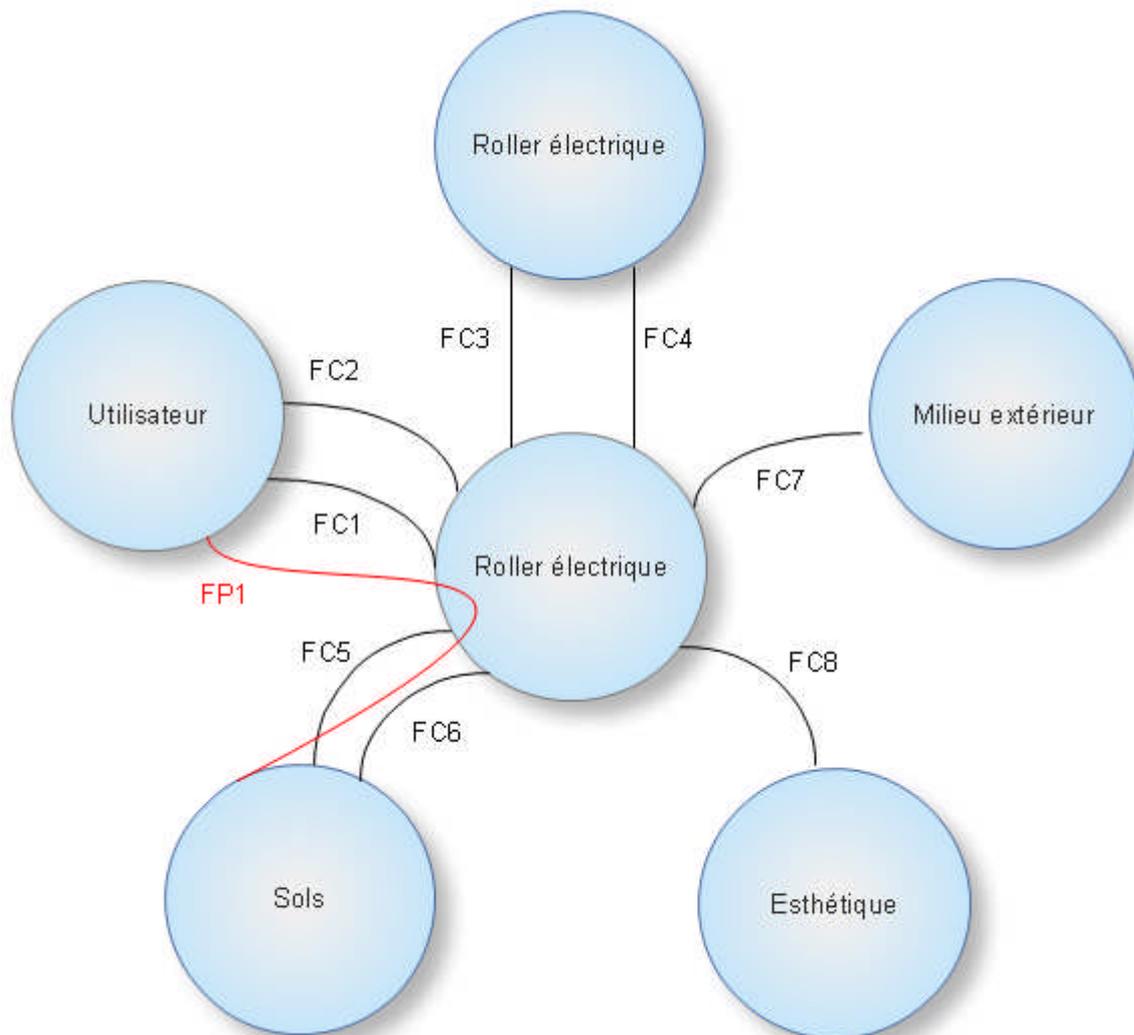
Bête à cornes:



Voici une manière simple de lire ce diagramme ; il répond à trois questions :

- A qui le produit rend-il service ? *Le produit rend service à l'utilisateur*
- Sur quoi agit le produit ? *Le produit agit sur l'utilisateur et l'environnement.*
- Dans quel but ? *Permettre le déplacement en roller de l'utilisateur et diminuer l'effort de l'utilisateur par la motorisation du produit.*

Diagramme pieuvre:



FP1 : Permettre à l'utilisateur de se déplacer au sol.

FC1 : Faciliter l'utilisation des rollers pour l'utilisateur.

FC2 : Permettre à l'utilisateur d'avoir une vitesse acceptable et de franchir de faibles pentes.

FC3 : Permettre une alimentation par batteries des rollers.

FC4 : Permettre un moyen de recharge efficace et rapide pour un usage fréquent.

FC5 : Être adapté à l'environnement urbain.

FC6 : Remonter et ne pas polluer

FC7 : Être agréable à l'œil.

Caractérisation des milieux extérieurs.

Utilisateur :

Taille : quelconque.

Sexe : quelconque.

Age : Minimum sept ans

Poids : 85kg maximum

Qualification : Grand public

Physique : Nécessite une santé correcte, sans handicap physique particulier ou difficulté de perception du milieu environnant.

Nationalité : Quelconque

Méthode : Mise en mouvement par l'action des jambes avec soutien motorisé des rollers

Vêtements : adapter à une faible activité physique

Environnement:

Type : terrestre, matière solide (béton, routes, ciment, etc.).

Température : 0-40 ° (climat tempéré/continentale)

Temps : secs ou humide, sans intempéries.

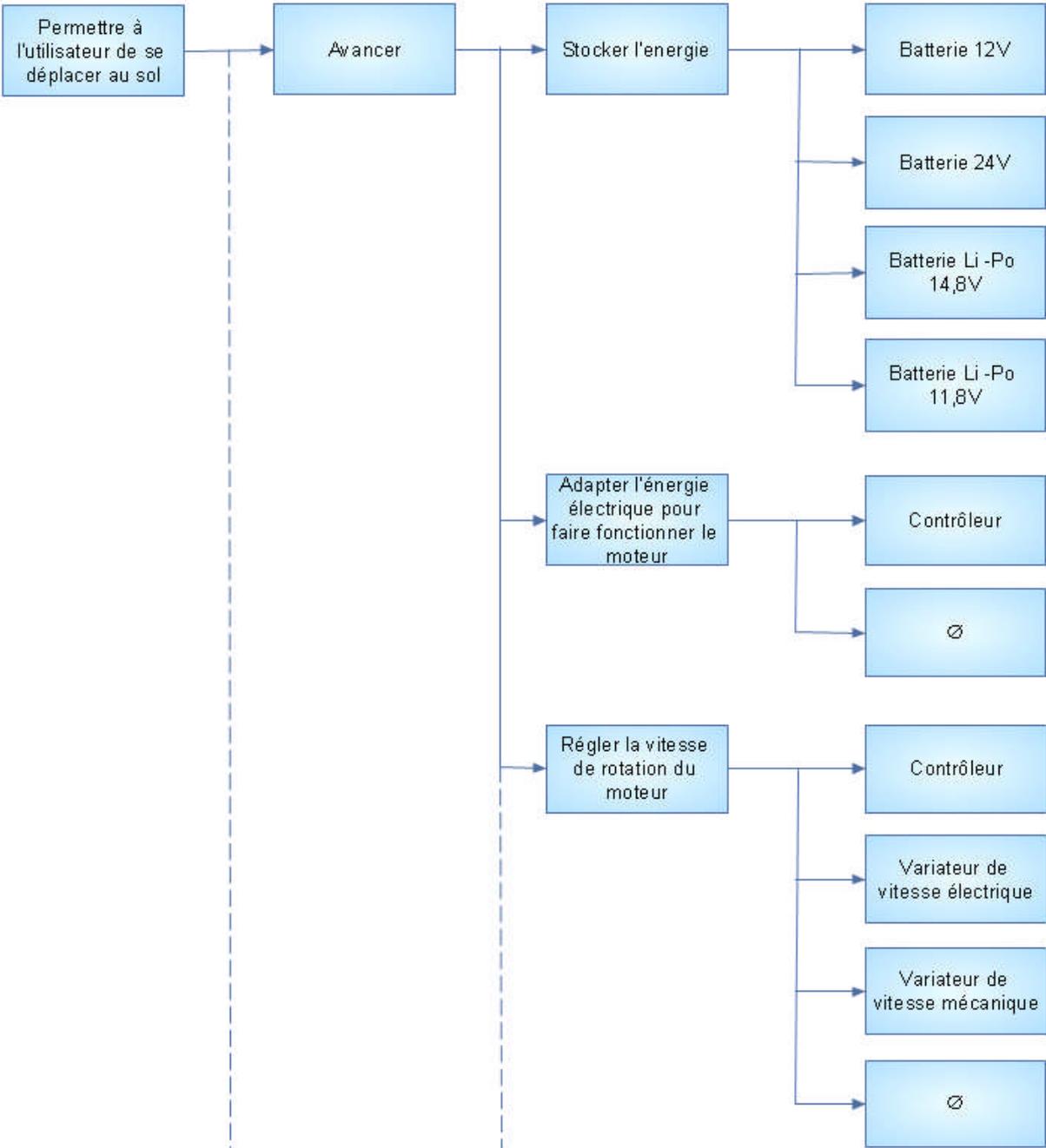
Vitesse : 7km/h

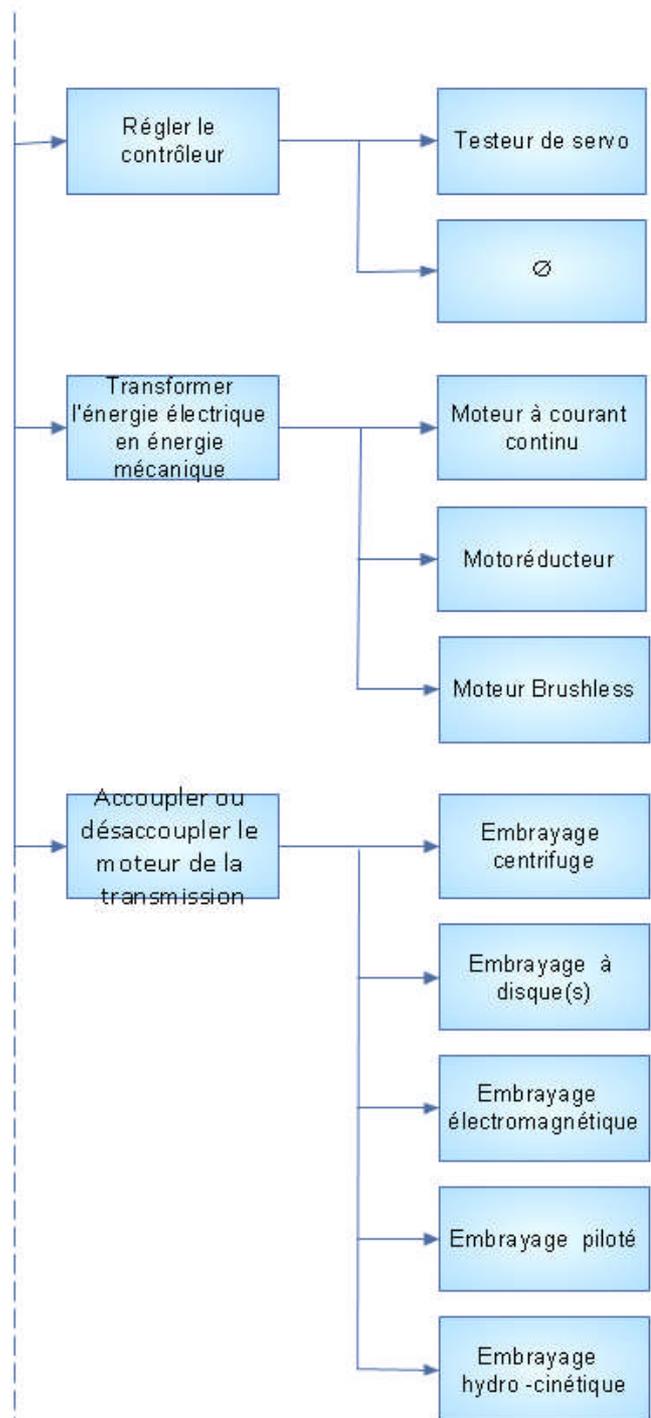
Pente maximal : 10°

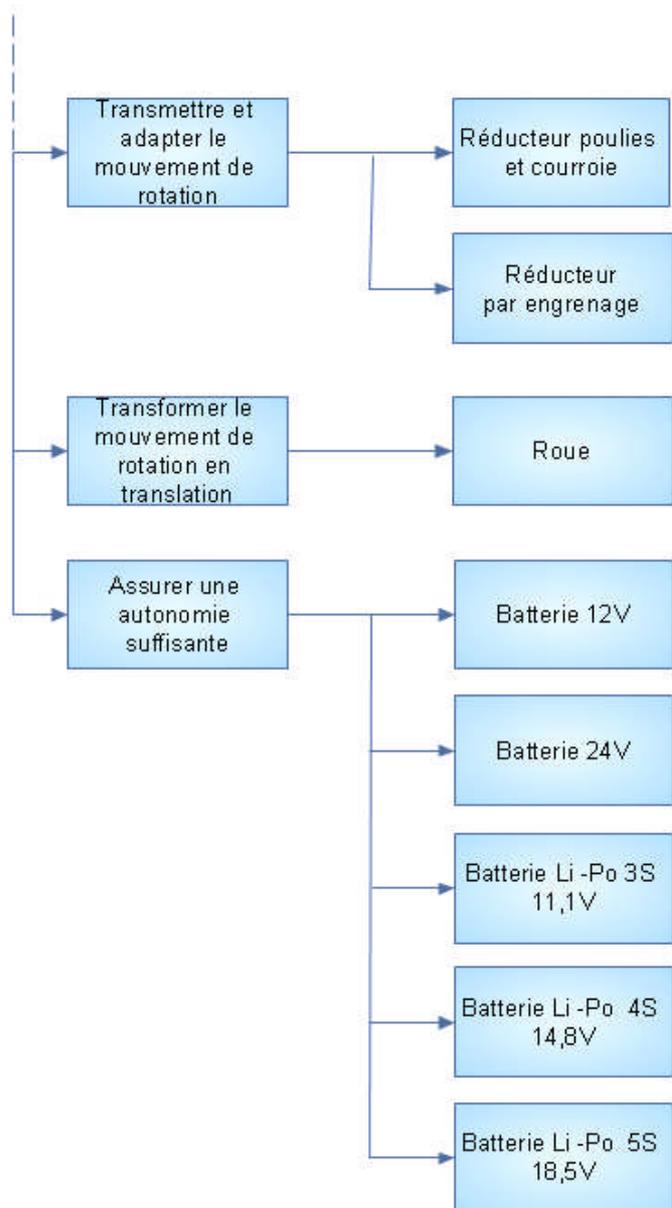
Caractérisation des fonctions services:

Produit: Roller Électrique		
Permettre à l'utilisateur de se déplacer au sol.		
Critères	Niveau/Valeur	Flexibilité
Tension d'alimentation du système.	Batteries 12V ou 24V	0
Vitesse de déplacement.	0 km/h minimum 7 km/h maximum	0
Poids maximum transportable.	85kg sur une pente de 10° maximum	1
Roues.	4 roues en polyuréthane et polyamide avec roulements	1

Diagramme FAST de créativité:







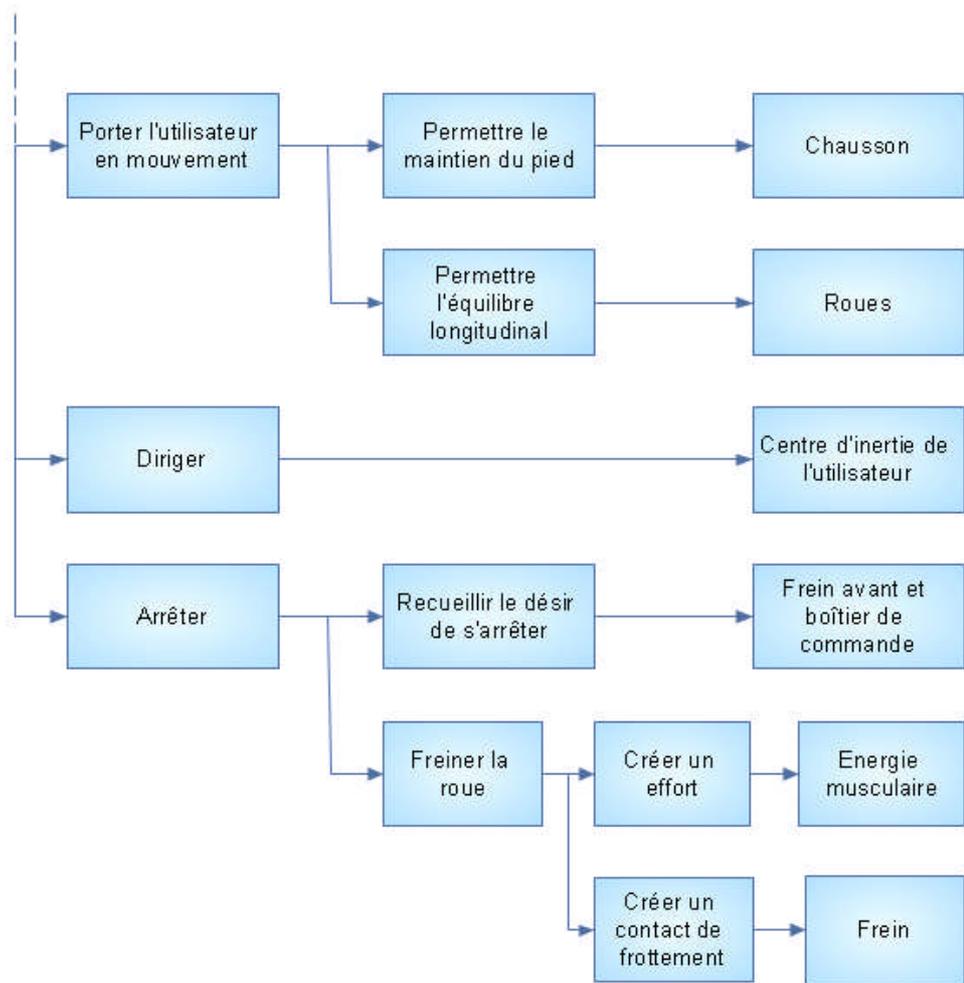
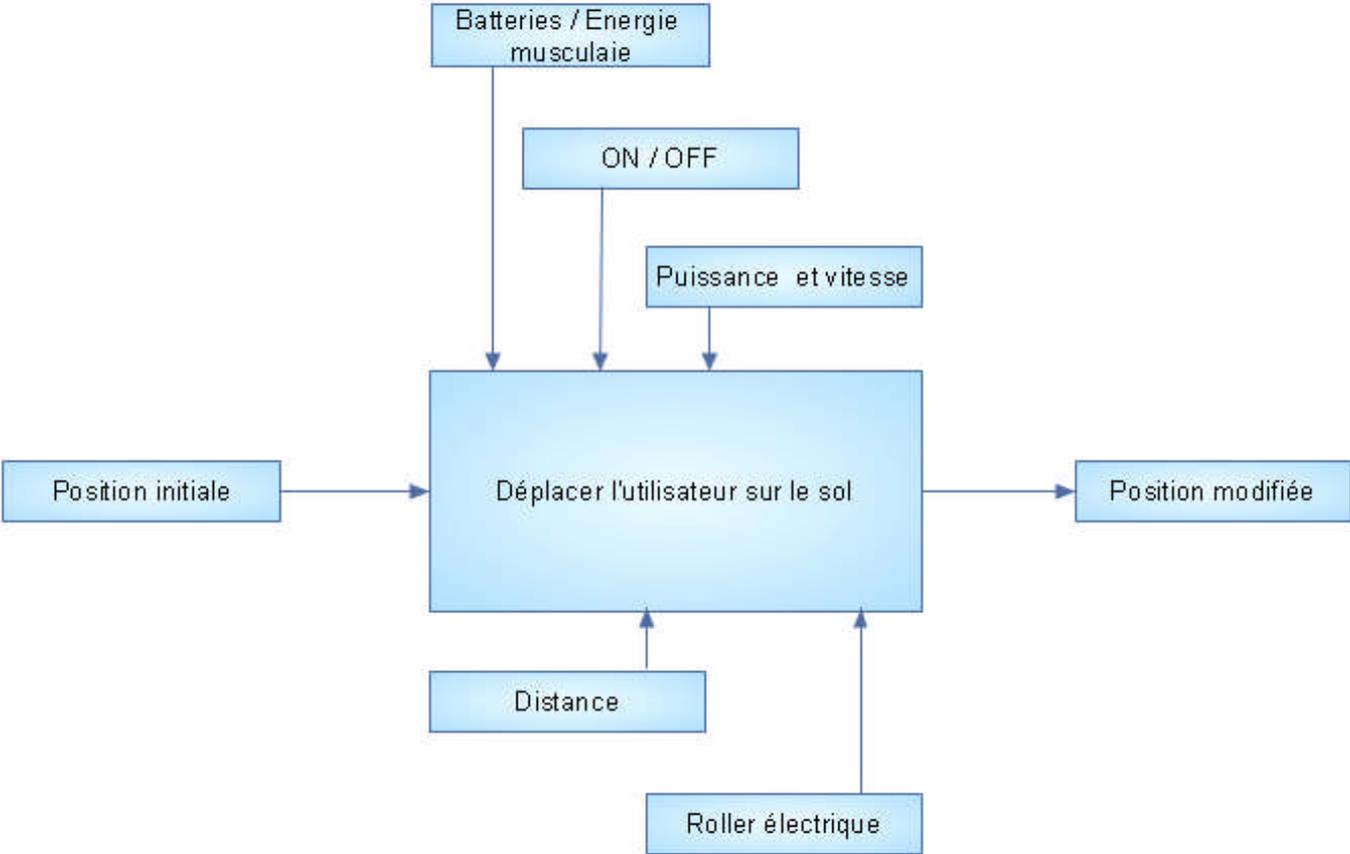


Diagramme SADT (Structured Analysis and Design Technic):



Étude Mécanique

Choix de propulsion

Nous avons du choisir un type de propulsion parmi toute celle que nous avons actuellement.

Nous sommes penchés sur l'énergie fossile, tel que l'essence, le problème est qu'il faut un permis pour l'engin, donc il faut poser un brevet et le moteur électrique est trop coûteux. De plus l'utilisation d'essence pollue la planète pour un coût trop élevé. L'énergie fossile tel que le gaz est aussi coûteux et son efficacité n'est pas adaptée pour un besoin de loisir.

Nous avons aussi pensé à l'énergie hydraulique, que ce soit air ou huile ou eau. Le problème est que la pompe prend de la place et que la pression est grande, on voyait mal ce système sur notre roller.

Nous avons passé le panneau solaire et les mini-ventilos, qui sont inefficaces peu nombreux et nous ne voulons pas que le roller gêne l'utilisateur. De plus, si on avait utilisé ce système, cela reviendrait cher, pour une utilisation peu fréquente

Puis on a pensé à un système ressort qui permettait, comme les petites voitures, que quand on revient en arrière, ou utilise la pente, système faisable en théorie, mais après confirmation des experts en mécanique et des calculs, nous avons abandonné, de plus, il faudrait rouler en fakie, c'est-à-dire en arrière pour pouvoir rouler. Le souci de ce roller vient du déséquilibre et du virage et que le système ne pourrait pas convenir pour une grosse pente.

Rester plus que les moteurs électriques :

Notre choix s'est porté sur les motoréducteurs, les moteurs à courant continu et les moteurs brushless : ce choix s'est fait par élimination. En premier lieu nous avons éliminé les moteurs à courant alternatif, car ils sont réservés pour les gros engins. De plus, il est difficile d'avoir un petit générateur. Ensuite nous avons éliminé les moteurs pas à pas, car ils sont trop complexes à utiliser. Ces moteurs ont un processus très particulier : ils fonctionnent par crans, c'est-à-dire qu'ils font à chaque signal un ou plusieurs tours selon la configuration. Mais si on envoie un signal à ce moteur, il faut, à chaque étape, renvoyer ce signal autant de fois qu'on souhaite une action du moteur. C'est pour cela que leur utilisation est très complexe et que donc cette solution sera écartée. Enfin il reste trois types de moteur :

- les moteurs à courant continu
- les motoréducteurs
- les moteurs brushless

Les moteurs à courant continu sont des moteurs qui ont généralement une vitesse de rotation très élevée et un couple faible ou une vitesse de rotation faible et un couple très élevée ce qui nous impose une adaptation du couple et de la vitesse de rotation en sortie via un réducteur assez encombrants. Ces moteurs ont l'inconvénient d'avoir une puissance proportionnelle à leurs dimensions.

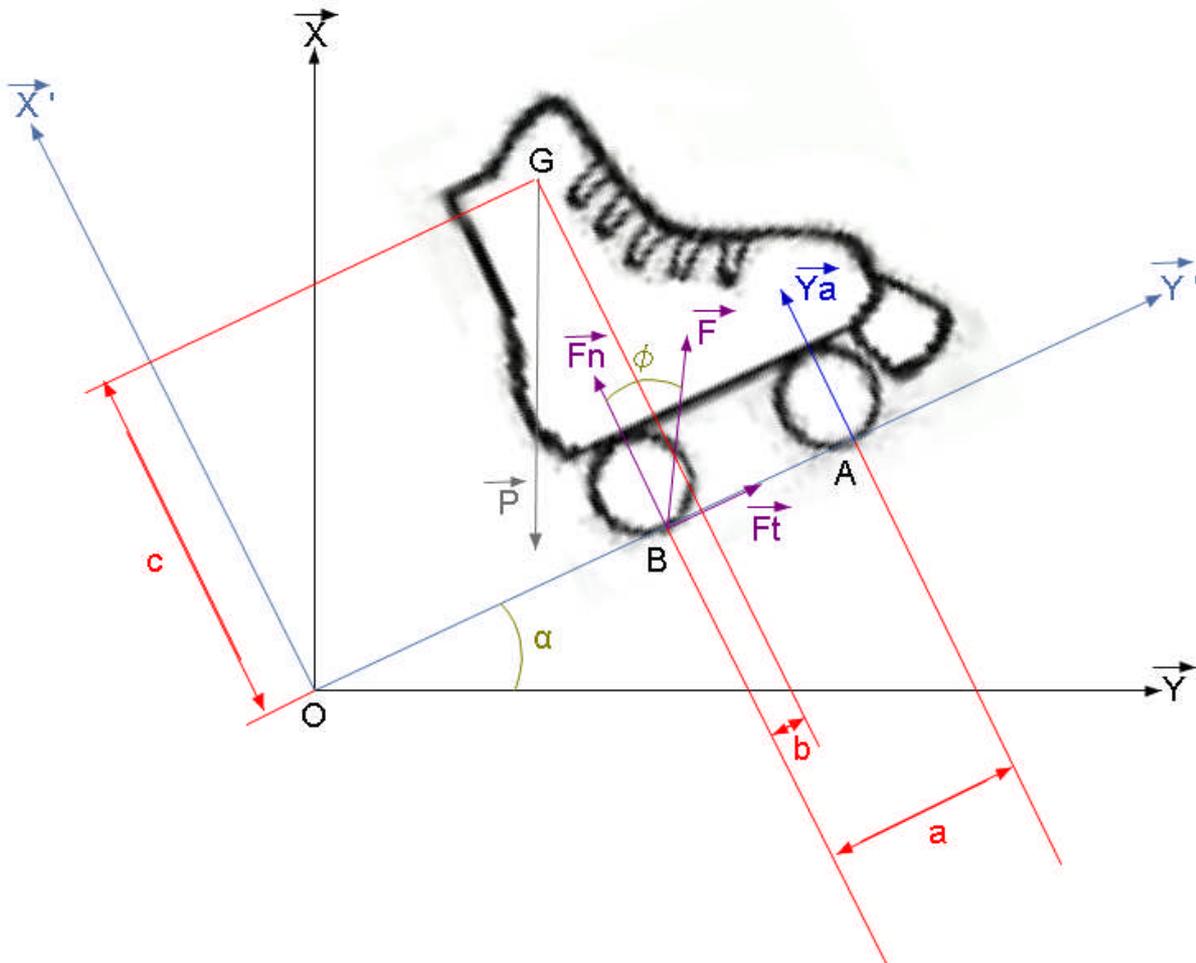
Les motoréducteurs sont des moteurs à courant continu, mais couplés avec un réducteur. Celui-ci va réduire la vitesse de rotation du moteur grâce à un système d'engrenages.

Les moteurs brushless, la technologie brushless leurs confèrent non seulement les avantages des moteurs à courant continu mais également ceux des moteurs à courant alternatif : fort couple de démarrage et une durée de vie élevée. Ces moteurs ont l'avantage d'avoir des puissances non proportionnelles à leurs dimensions. Ils sont généralement utiliser dans le modélisme.

Calculs Mécaniques et Conception:

Roller hawaii		
taille chaussure	36,5	40
a = distance entre les deux roue	140	177
b= la hauteur .	185	187
c = la distance entre l'axe roue motrice et centre d'inertie roue	40	50
carcasse l(derrière)	60	60
carcasse l(devant)	50	50
carcasse L	60	60
carcasse p	210	260
pointe carcasse avant	(dont 2 dessous chaussure)40	(dont 2 dessous chaussure)60
rayon courbure a l'intérieur de la platine	60	70
boite carcasse derrière	1	5
frein embout (diamètre)	30	30
frein intérieur	50	50
Roue-châssis	23	23
	24	24

Schéma des forces :



L'étude se fait dans le repère (O, X', Y')

Bilan des actions mécaniques extérieures agissant sur le roller :

AME		Points d'application	Direction	Sens	Intensité
$\vec{F}_{n_{sol/roue\ motrice}}$	normale au sol à la roue motrice	B	Normal à (AB) au point B	Vers le roller	?
$\vec{F}_{t_{sol/roue\ motrice}}$	Effort de propulsion	B	(AB)	Vers le roller	?
$\vec{Y}_{a_{sol/roue\ porteuse}}$	Normale au sol à la roue porteuse	A	Normal à (AB) au point A	A vers D	?
$\vec{P}_{terre/roller}$	Attraction gravitationnelle	G	verticale	Vers le centre de la terre	85 x 9,81 =833,85N

Torseurs :

$$\{T_{sol/roue\ motrice}\}_B = \begin{Bmatrix} F_n & 0 \\ F_t & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_B$$

$$\{T_{sol/roue\ porteuse}\}_A = \begin{Bmatrix} Y_a & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_A$$

$$\{T_{terre/roller}\}_G = \begin{Bmatrix} -P \cos \alpha & 0 \\ -P \sin \alpha & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_G$$

$$\vec{BG} = \begin{vmatrix} c \\ b \\ 0 \end{vmatrix}$$

$$\vec{BA} = \begin{vmatrix} 0 \\ a \\ 0 \end{vmatrix}$$

Transport des torseurs au même centre de réduction :

$$\vec{M}_B(\text{sol/roue porteuse}) = \vec{M}_A(\text{sol/roue porteuse}) + \vec{BA} \wedge Y \vec{a}(\text{sol/roue porteuse})$$

$$\vec{M}_B(\text{sol/roue porteuse}) = \mathbf{0} + \begin{vmatrix} 0 & Y a \\ a & 0 \\ 0 & 0 \end{vmatrix} = -a \cdot Y a$$

$$\vec{M}_B(\text{terre/roller}) = \vec{M}_G(\text{terre/roller}) + \vec{BG} \wedge \vec{P}(\text{terre/roller})$$

$$\vec{M}_B(\text{terre/roller}) = \mathbf{0} + \begin{vmatrix} c & -P \sin \alpha \\ b & -P \cos \alpha \\ 0 & 0 \end{vmatrix} = c \cdot (-P \cos \alpha) - b \cdot (-P \sin \alpha)$$

Application du PFS :

Pour que le système soit en équilibre il nous faut que ces conditions soient validées:

Equations des efforts extérieurs :

$$Ft - P \sin \alpha = \tan \varphi F_n - P \sin \alpha = 0$$

$$F_n + Ya - P \cos \alpha = 0$$

Equations des moments en un point :

$$\vec{M}_B(\text{sol/roue porteuse}) + \vec{M}_B(\text{sol/roue motrice}) + \vec{M}_B(\text{terre/roller}) = 0$$

$$aYa + cP \sin \alpha - bP \cos \alpha = 0$$

Résolution:

$$Ya = \frac{bP \cos \alpha - cP \sin \alpha}{a}$$

$$F_n = P \cos \alpha - Ya$$

$$\tan \varphi = \frac{P \sin \alpha}{F_n}$$

$$\varphi = \arctan(\tan \varphi)$$

Application numérique :

$$m = 85 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$$

$$a = 140 \text{ mm}$$

$$b = 40 \text{ mm}$$

$$c = 185 \text{ mm}$$

$$P = mg = 85 \cdot 9,81 = 833,85 \text{ N}$$

$$\alpha = 10^\circ$$

$$R_{\text{roue}} = 30 \text{ mm}$$

$$V_{\text{roue}} = 7 \text{ km/h} = 1,94 \text{ m/s}$$

On remplace nos valeurs dans les équations:

$$\tan \varphi F_n - 85 \cdot 9,81 \cdot \sin 10 = 0$$

$$F_n + Y_a + 85 \cdot 9,81 \cdot \cos 10 = 0$$

$$140 \cdot Y_a + 185 \cdot 85 \cdot 9,81 \cdot \sin 10 + 40 \cdot 85 \cdot 9,81 \cdot \cos 10 = 0$$

$$Y_a = \frac{40 \cdot 85 \cdot 9,81 \cdot \cos 10 - 185 \cdot 85 \cdot 9,81 \cdot \sin 10}{140} = 43,3 \text{ N}$$

$$F_n = 85 \cdot 9,81 \cdot \cos 10 - 43,3 = 777,9 \text{ N}$$

$$\tan \varphi = \frac{85 \cdot 9,81 \cdot \sin 10}{777,9} = 0,186$$

$$\varphi = \arctan(0,186) = 10,53$$

φ doit être inférieur au coefficient de frottement polyuréthane/béton, mouillé pour que nos rollers ne patinent pas.

Coefficients de frottements les plus proches du Polyuréthane/Béton, mouillé :

Matériels et Combinaisons Matérielles(Substantielles)		Coefficient Frottement Statique - μS	
		Surfaces Propres et Secs	Surfaces Lubrifiés et Graissées
Caoutchouc	Béton, Sec	0.6 - 0.85	
Caoutchouc	Béton, Mouillé		0.45 - 0.75
Pneu, Sec	Route, Sec	1	
Pneu, Mouillé	Route, Mouillé		0.2

Dans le pire des cas le coefficient de frottement est égal à 0,2 donc nous prendrons celui la pour la suite des calculs.

$$0,186 < 0,2$$

On en conclut donc que nos rollers ne patineront pas.

Détermination du couple nécessaire au niveau de la roue:

$$\frac{F_t}{F_n} = \tan \varphi \Leftrightarrow F_t = F_n \tan \varphi$$

$$F_t = 777,9 \cdot 0,186 = 144,7N$$

$$C_{roue} = F_t \cdot R_{roue}$$

$$C_{roue} = 144,7 \cdot 0,03 = 4,34Nm$$

Détermination de la vitesse angulaire de la roue :

$$V_{roue} = \omega_{roue} \cdot R_{roue} \Leftrightarrow \omega_{roue} = \frac{V_{roue}}{R_{roue}}$$

$$\omega_{roue} = \frac{1,94}{0,03} = 64,7 \text{ rad/s}$$

Détermination de la vitesse de rotation de la roue:

$$\omega_{roue} = \frac{\pi N_{roue}}{30} \Leftrightarrow N_{roue} = \frac{\omega_{roue} \cdot 30}{\pi}$$

$$N_{roue} = \frac{64,7 \cdot 30}{\pi} = 617,8 \text{ str/min}$$

Détermination puissance au niveau de la roue:

$$P_{roue} = C_{roue} \cdot \omega_{roue}$$

$$P_{roue} = 4,34 \cdot 64,7 = 280,8 \text{ W}$$

Choix moteur :

Nous avons donc besoin d'un moteur qui puisse nous procurer une puissance d'environ 300W au niveau des roues :

- Les motoréducteurs sont donc éliminés car ils sont généralement de faibles puissances.
- Les moteurs à courant continu sont également éliminés du à leur dimension et à l'emplacement ou nous devons motoriser le moteur selon le Cdcf.
- Les moteurs brushless sont donc les seuls pouvant satisfaire les conditions nécessaires de motorisation de nos rollers électrique.

Nous choisissons donc un moteur de 400W pour ne pas avoir de problèmes car un moteur n'a pas un rendement parfait, il y aura sûrement des pertes au niveau de la transmission (embrayage, réducteur ...etc.), en plus de cela nous devons éviter de pousser le moteur au maximum de sa puissance pour éviter qu'il ne chauffe trop et subisse des dégâts. Et même si la puissance au niveau des roues est supérieur à 300W nous pouvons toujours augmenter le couple de la roue grâce au réducteur ce qui fera que la vitesse maximale des rollers restera inchangé (max 7km/h).

Nous choisissons ce moteur brushless Pro-Tronik ,72820 : 2820 Kv 650 :



Dont les caractéristiques sont :

- Diamètre : 39mm
- Longueur : 41mm
- Poids : 150 g
- Arbre : 5mm
- Puissance : 400 W
- Kv : 650 rpm/V
- Courant Max : 40 A
- Batterie : 2-5 Li-Pos
- Equivalent moteur thermique : .25 à .3

Choix embrayage :

L'embrayage est un dispositif d'accouplement temporaire entre un arbre dit moteur et un autre dit récepteur. Du fait de sa transmission par adhérence, il offre une mise en charge progressive de l'accouplement qui évite les à-coups qui pourraient provoquer la rupture d'éléments de transmission ou le calage dans le cas d'une transmission depuis un moteur thermique. Il permet d'accoupler ou désaccoupler le moteur de la transmission, il permet aussi en phase de patinage la mise en mouvement du véhicule.

- En position embrayée : l'embrayage transmet intégralement la puissance fournie. C'est le plus souvent la position stable du dispositif.
- En position débrayée : La transmission est interrompue. Roue libre, le moteur peut continuer à tourner sans entraîner les roues. La situation est équivalente au point mort.

Les qualités demandées à un embrayage :

- La prise de mouvement se fait sans à coup grâce à un léger patinage, il doit être progressif
- En position embrayée, il ne doit plus patiner, il doit être adhérent
- Il doit pouvoir s'arrêter rapidement quand on débraye, il doit être de faible inertie
- Le patinage pendant la phase de démarrage entraîne des températures élevées, il doit être résistant aux températures élevées
- Il doit être facile à manœuvrer

Les différentes solutions utilisées :

Il en existe deux :

- Embrayage commandé :

Dans ce cas, c'est un accouplement mécanique par embrayage à disques sec ou à bain d'huile.

- Embrayage automatique :

- par accouplement mécanique : embrayage centrifuge, embrayage électromagnétique, embrayage piloté.

- par accouplement hydro cinétique : coupleur, convertisseur.

Dans notre cas, l'embrayage devra être automatique pour pouvoir passer du mode avec l'assistance électrique au mode de fonctionnement traditionnel rapidement et facilement. En plus de ce la notre embrayage devra être assez petit pour pouvoir se placer après le moteur et dépasser les dimensions qui nous sont imposés par les mesures des rollers.

Nous pouvons donc dire que ces embrayages sont inutilisables dans notre système :

- embrayage à disque(s) (trop encombrants)
- embrayage électromagnétique (trop encombrants)
- embrayage piloté (besoin d'une commande, trop compliqué)
- embrayage hydraulique (trop encombrants)

Il ne nous reste donc plus que les embrayages centrifuges, dans ces dispositifs, l'embrayage est commandé par la vitesse de rotation de l'un des deux arbres : Sous l'effet de la force centrifuge, des éléments (billes, ailettes) ont tendance à s'éloigner de l'axe de rotation et c'est ce mouvement qui assure l'embrayement, soit directement, soit par l'intermédiaire de bielles. Notre embrayage doit pouvoir se fixer sur l'arbre du moteur qui a pour diamètre 5mm.

Nous choisissons donc cette embrayage : Tekno RC 1/8th Elekti-Clutch , TKR40000AX

Compatible avec la plupart des systèmes de prise à 3 masselottes et les cloches d'embrayage (Ofna, Mugen, Kyosho, Corps UNS, Chauds, etc.).

Cet adaptateur est plus léger, plus résistant, tourne mieux et est plus facile à fixer que ce d'avant.

Inclut la nouvelle ligne de Tekno RC de ressorts à engagements rapides (TKR4107 et TKR4108) et les masselottes d'embrayage (TKR4105). Les ressorts de 0.7mm - 0.9mm vous permettra de réguler la puissance et la sensibilité de votre système brushless. Les ressorts de 0.7mm réagissent presque immédiatement et fournissent un vrai pont entre l'axe moteur et les systèmes de prise. Les masselottes de prise en aluminium dures 7075 ont une cale usinée sur le haut et le fond de chaque masselotte pour permettre un engagement libre et conséquent. Tous les avantages des deux systèmes sont accomplis : le puissance immédiate, la meilleure traction, un temps d'exploitation plus calmes. Aucun compromis.

Contenus : (1) l'adaptateur d'embrayage 1/8ème, (1) vis à tête bouton M3x8mm, (1) vis de jeu M4x4mm, (1) la machine à laver M3, (5) cales 5x7x.2 millimètres, (3) les masselottes d'embrayage en aluminium, (3) les ressorts d'embrayage 0.7mm, (3) les ressorts d'embrayage 0.8mm, (3) les ressorts d'embrayage 0.9mm.



Nous avons aussi besoin d'une cloche d'embrayage que nous choisissons en fonction de notre embrayage et du rapport de réduction que nous souhaité.

Nous choisissons donc cette cloche : cloche d'embrayage ventilée GS079 CEN GST ou NEMESIS

Caractéristiques :

- Modèles échelle 1/8eme
- Acier
- Diamètre : 29 mm extérieur
- pour embrayage diamètre 26 mm



Nous choisissons aussi comme pignon à fixer sur cet embrayage un pignon conique en acier pour rediriger le mouvement de rotation : Kyosho pignon conique 15 dents MP9 de module 1.

Nous avons besoin de roulements pour cloche, quand l'embrayage débrayera, la cloche tournera toujours, les roulements serviront de palier à la cloche.

Nous choisissons ces roulements : 10 Roulements cloche Germany 5x10x4



Choix du réducteur :

Notre réducteur devra être assez petit et pouvoir directement être relié à l'axe de la roue pour éviter d'avoir trop de pièces. Il doit pouvoir réduire la vitesse de rotation en sortie du moteur pour que l'on obtienne, une vitesse maximale du roller de 7km/h. Il doit donc réduire la vitesse de rotation maximale en sortie du moteur à 618 tr/min. Pour connaître la vitesse de rotation maximale du moteur, nous regardons la vitesse de rotation qui nous est donnée en rpm/V (tr/min/V) dans les caractéristiques du moteur et nous regardons aussi le voltage de notre batterie qui nous est donnée en V dans ses caractéristiques.

Vitesse de rotation du moteur : 650 rpm/V

Voltage de la batterie : 14,8V

Calcul de la vitesse de rotation maximale du moteur :

$$N_{\text{moteur}} \cdot U_{\text{batterie}} = N_{\text{moteur maximale}}$$

$$650 \cdot 14,8 = 9620 \text{ tr/min}$$

Donc nous savons que la vitesse de rotation maximale du moteur est de 9620 tr/min.

Calcul du rapport de réduction :

$$\frac{N_{\text{roue}}}{N_{\text{moteur maximale}}} = r$$

$$\frac{618}{9620} = 0,064$$

Il nous faut donc un rapport de réduction de 0,064.

Nous avons deux choix pour la réduction :

- réducteur poulie/courroie
- réducteur à engrenages

Nous choisissons le réducteur à engrenages car nous avons besoin d'un réducteur prenant le moins d'espace possible et le réducteur poulie/courroie en prendrait plus d'espace à cause de la courroie.

Nous choisissons donc des roues dentées pour obtenir un rapport de réduction de 0,064 :

- Une roue dentée conique de 40 dents, de diamètre 41,4 mm et de module 1 (pour engrener avec le pignon conique de la cloche d'embrayage)
- Une roue dentée de 10 dents, de diamètre 11 mm et de module 1
- Une roue dentée de 58 dents, de diamètre 60 mm et de module 1

Calculs du rapport réduction en fonction des roues dentées choisi :

Avec c : nombre de contacts extérieurs et n'oublions pas le pignon conique de la cloche d'embrayage ayant 15 dents et un module de 1.

$$r = \frac{\text{produit } z \text{ menees}}{\text{produit } z \text{ menantes}} \cdot (-1)^c$$

$$r = \frac{15 \cdot 10}{40 \cdot 58} (-1)^2 = 0,064$$

Le rapport de réduction étant celui souhaitée,

Nous choisissons donc ces roues dentées : Roue dentées (pour axes de 3mm)

Caractéristiques :

- Roues dentées de précision pour transmission de couples élevés
- Résistance élevée à l'usure
- Montage sur tiges filetées ou axes métalliques
- Perçage \varnothing 3 mm (serrées sur axe de 3 mm)
- Module 1
- Epaisseur: 6,4 mm



Et cette roue dentée conique : A1-13 : ENGRENAGE CONIQUE EN ACIER - MODULE 1

Caractéristiques :

- Acier 11SMnPb30Non trempé, non rodé
- Classe de précision ISO 8
- Denture droite à flancs bombés
- Angle des axes : 90°

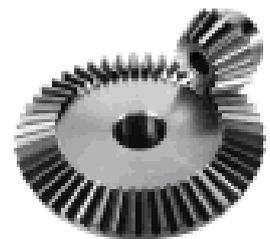
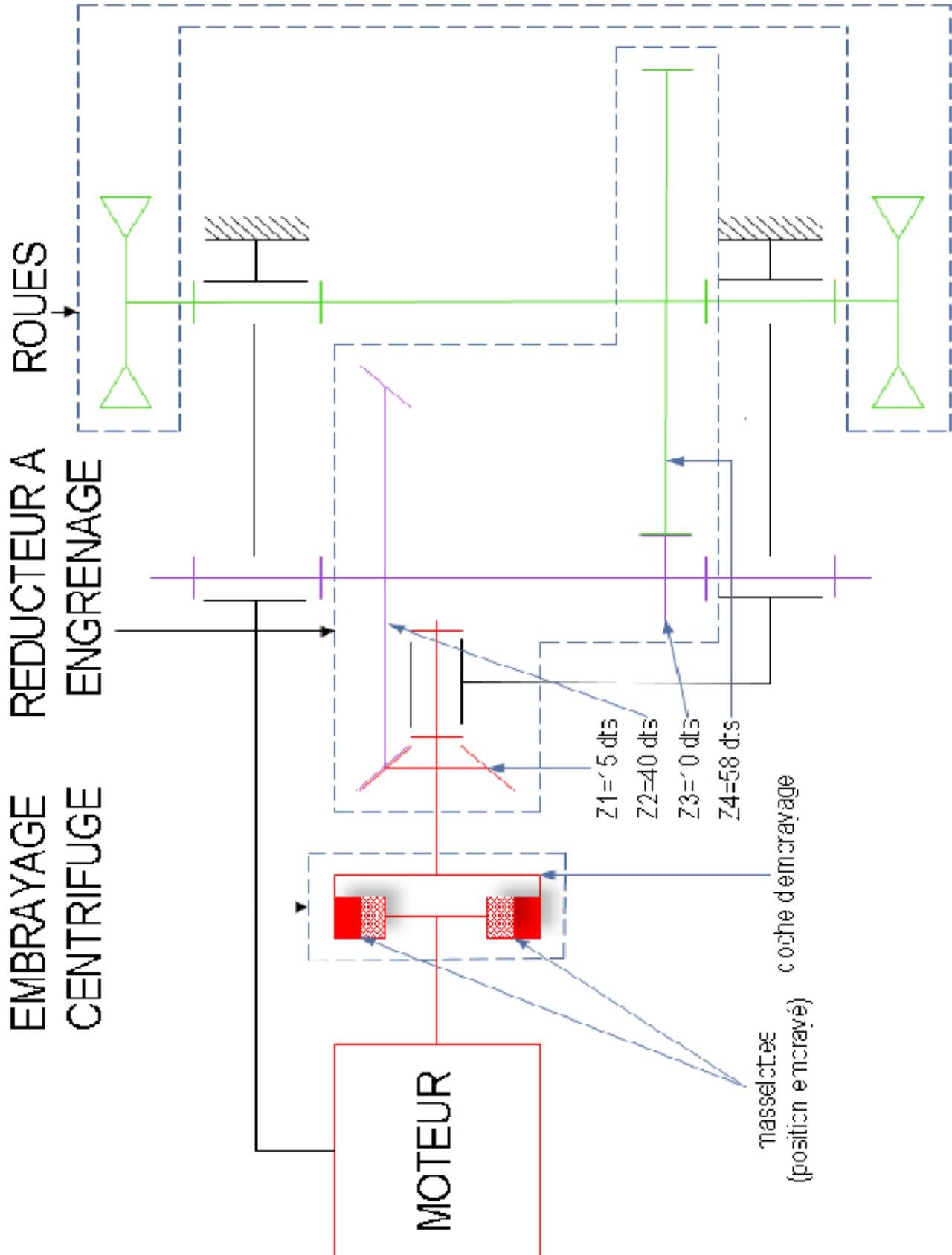


Schéma récapitulatif de la transmission mécanique :



Modélisation et conception:

Notre roller a tout d'abord été modélisé grâce au logiciel SolidWorks afin de répondre à certaines contraintes et de trouver les solutions techniques adaptées au fur et à mesure de l'avancement de notre projet.

Nous avons décidé de prendre exactement les dimensions du cahier des charges pour réaliser le châssis le plus grand possible sachant que nous avons des batteries et un moteur à placer en dessous.

La modélisation du châssis sur SolidWorks est disponible en annexe, ainsi que les différentes cartes électroniques.

Etude Electronique

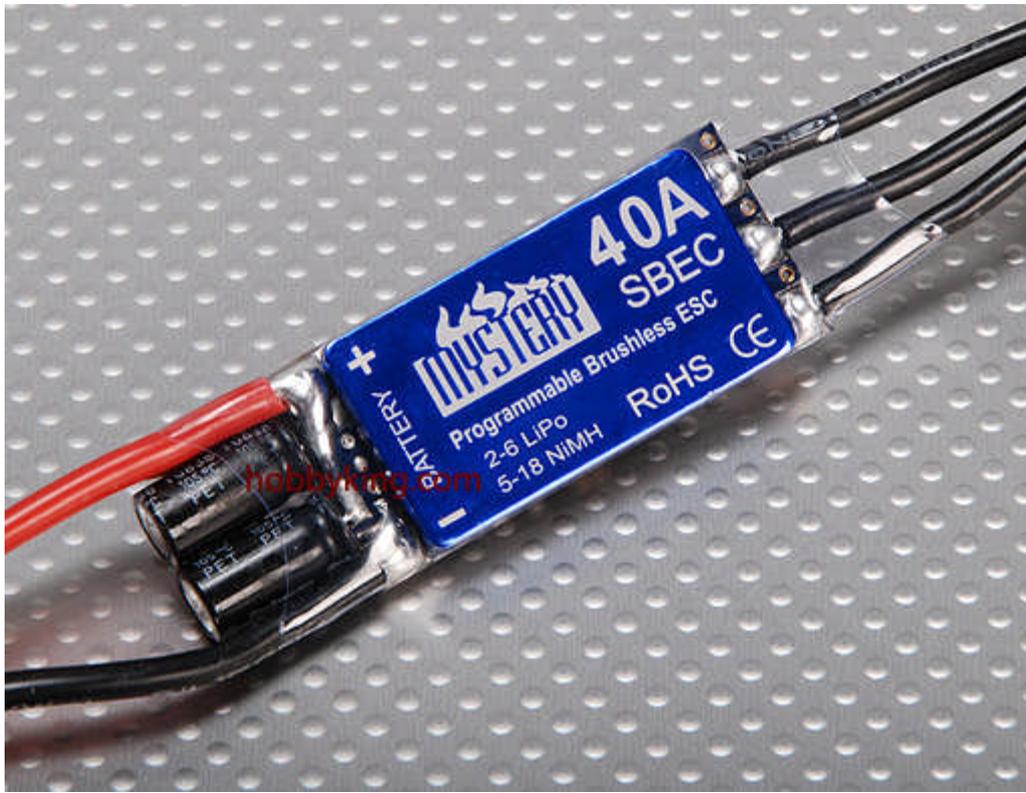
Pour alimenter un moteur brushless à partir de batteries, nous avons besoin d'adapter le courant continu des batteries pour faire tourner le moteur. À cet usage, il existe des contrôleurs pour moteur brushless : Un contrôleur est un dispositif électronique embarqué qui possède deux fonctions principales. La première est d'utiliser le courant continu de la batterie pour faire tourner le moteur. Il alimente successivement les 3 phases du moteur en tenant compte de la vitesse de rotation demandée par la position du manche des gaz. Grâce à lui nous pourrions augmenter ou diminuer la vitesse de rotation des roues et donc rouler plus ou moins vite. Le contrôleur possède un calculateur intégré que l'on peut paramétrer. Sa seconde fonction est d'alimenter le récepteur et les servos avec un courant continu stabilisé de 5 à 6V (Cette seconde fonction n'est pas présente sur tout les contrôleurs, elle n'est présente que sur les contrôleurs BEC).

Comment choisir un contrôleur :

- La tension de la batterie : Le contrôleur doit pouvoir fonctionner sous la tension délivrée par la batterie (en volts). Certains appareils sont limités à 12 volts (ou 3S : 3 cells). D'autres acceptent de fonctionner sous une plus grande plage de tensions.
- Le nombre et la puissance des servos dont on a besoin : Dans le cas d'un contrôleur BEC, on ne pourra pas installer autant de servos que l'on souhaite.
- La puissance nécessaire au moteur : Si l'association entre notre roue et notre moteur nécessite l'alimentation par un courant de 50A, on doit sélectionner un contrôleur capable de soutenir l'échange en continu, prévoir du 60A. Trop faiblement dimensionné, il risque de chauffer et de rendre l'âme. Trop fortement dimensionné, il apportera du poids inutilement.
- Les caractéristiques du moteur, de la batterie et les conditions de déplacements : Les moteurs brushless se divisent en deux grandes catégories. Les inrunner (can) et les outrunner (lrk, cage tournante). A l'intérieur de chaque catégorie les moteurs peuvent différer énormément en nombre de pôles et types de bobinage. Chacun nécessite des réglages en relations avec ses caractéristiques (timing, fréquence...). Le pilotage de l'engin peut aussi nécessiter d'intervenir sur le contrôleur pour d'autres raisons (frein moteur, sens de rotation...). Enfin, le contrôleur doit adapter son cutoff à la batterie utilisée (seuil de tension au-delà duquel il coupe la propulsion pour sauvegarder la batterie en évitant une décharge trop profonde).

Nous choisissons donc un contrôleur en fonction de ses critères :

Nous choisissons donc ce contrôleur : Mystery 40A Brushless Speed Controller (Blue Series)



Spécifications :

Ampérage: 40A

Temps d'explosion(10sec): 60A

Débit BEC: 5.5V / 4A

Voltage: 7.4-22.2V (2-6 cellules LiPo/5-18 NiCd)

Dimensions: 52x23x7mm

masse: 30g

Fonctions Principales:

Mode de sécurité: Le moteur ne démarrera pas peu importe, quelque soit la position du bâton de contrôle quand l'unité RC est allumée.

Réglage du frein: On/Off (par défaut sur off)

Protection contre les courant faible: Ignorer/Réduire power/éteindre

Protection contre la température: Réduire la puissance quand la température atteint 120°C

Fréquence PWM : 8 KHz/16 KHz

Three point battery type and low voltage selection.

Software réversion of motor turning selection.

Choix testeur de servo:

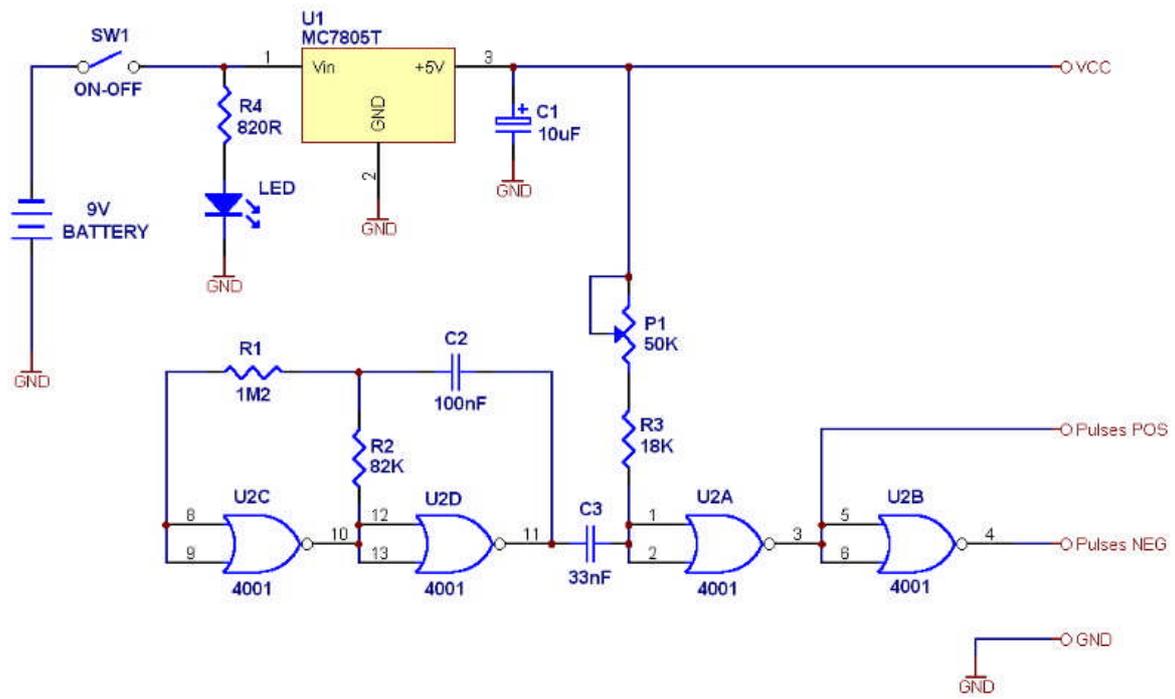
Le testeur de servo va nous permettre de varier la vitesse de rotation du moteur. Les seuls critères de sélections que nous ayons pour celui-ci sont ses dimensions, Nous voulons qu'il ne prenne pas trop d'espace car nous allons le placer dans un boitier de commande que l'utilisateur aura sur le bras ou dans la main.

Nous choisissons donc ce testeur de servo : Kit testeur de servo

Caractéristiques :

- Ce testeur de servo permet de vérifier l'efficacité des servos indépendamment de la radiocommande. De plus, il est également adapté pour le réglage, le contrôle et l'ajustage de tiges de gouvernail et de régulateurs de vitesse. Il présente l'avantage appréciable de tester des servos avec impulsion positive ou négative incorporés dans le modèle sans mettre en service à chaque fois toute l'installation de radiocommande.
- alimentation =4,8 - 6 V
- Largeur d'impulsion de la sortie : 0,7 - 2,2 ms
- Dim : 50 x 35 mm
- Kit à monter
- Notice fournie





Choix de la batterie :

Pour que le système puisse fonctionner, nous avons besoin de le mettre sous tension et pour cela de s'alimenter avec des batteries, nous devons choisir une ou des batterie(s) permettant à notre robot d'avoir une autonomie de 30 minutes. Ayant choisi un moteur brushless, dans ses caractéristiques, nous remarquons que certaines batteries nous y sont conseillées. La consommation du variateur et du contrôleur étant négligeable, nous pouvons baser nos calculs seulement sur la consommation du moteur.

En considérant que le moteur ne fonctionnera pas toujours à pleine puissance, nous considérerons qu'il fonctionnera à une puissance moyenne de 250W.

Nous avons donc le choix entre des batteries Li-Po 3S, 4S ou 5S. L'utilisation de Li-Po 3S ayant un voltage de 11,1V est assez difficile car il nous faudrait un ampérage très élevé, on pourrait mais cela nous donnerait une autonomie très faible. Pour le Li-Po 5S ayant un voltage de 18,5V pourrait être utilisé mais rendrait la réduction de la vitesse de rotation du moteur assez difficile car la vitesse de rotation du moteur dépend directement de la tension délivrée. Il nous reste donc les Li-Po 4S ayant un voltage de 14,8V.

Calculs de l'ampérage voulu au niveau du moteur :

$$\frac{P_{\text{moteur}}}{U_{\text{batterie}}} = I_{\text{moteur}}$$
$$\frac{250}{14,8} = 16,89A$$

Nous prenons comme batterie une Li-Po 4S de 14,8V ; 5A et 10C

Calculs de la capacité de décharge maximale :

$$\text{courant de décharge maximale (A)} = \text{courant de décharge en continu (Ah)} \cdot \text{taux de décharge (C)}$$

$$50 = 5 \cdot 10$$

Nous pouvons donc utiliser, ce type de batterie car :

$$16,89 < 50$$

Calculs de l'autonomie de la batterie avec une décharge de 16,89A :

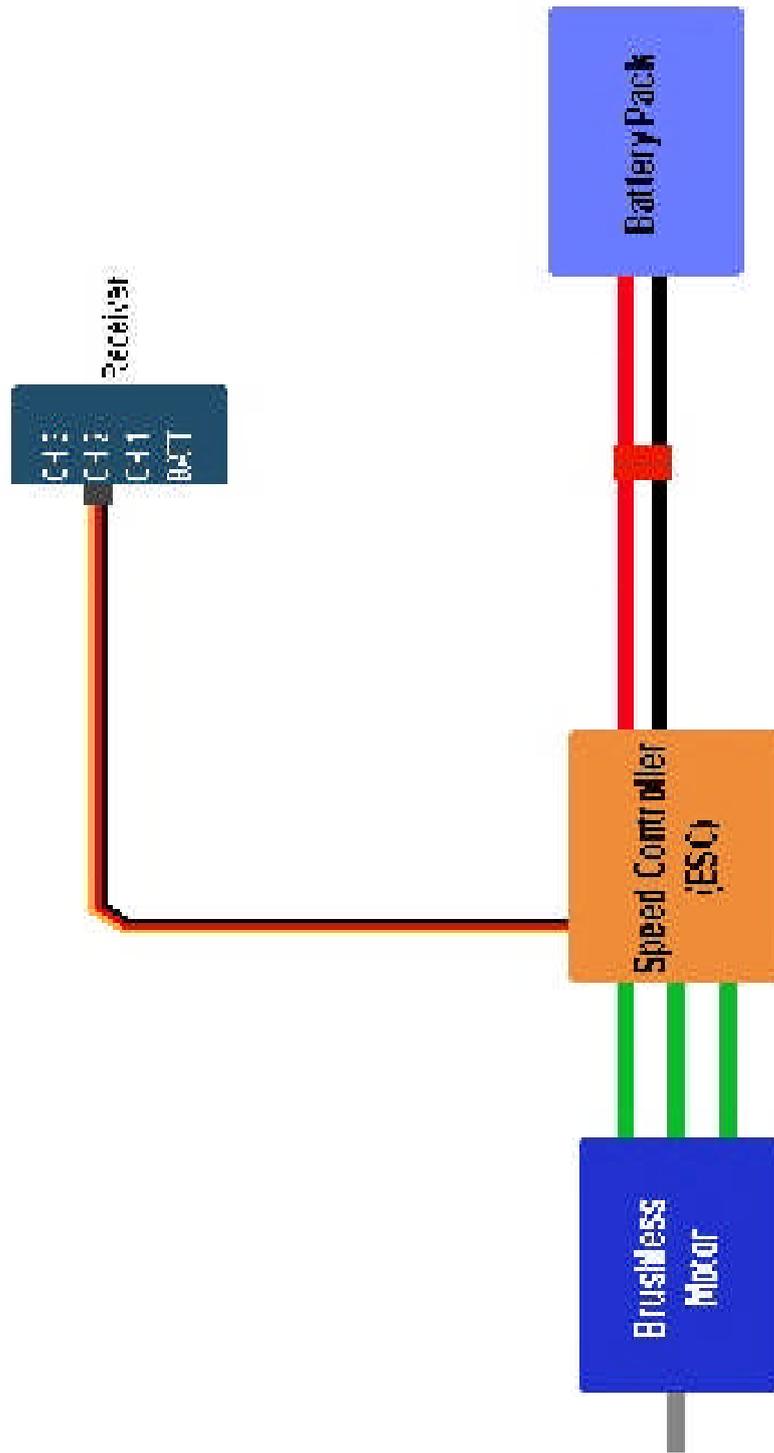
$$\textit{Autonomie (h)} = \frac{\textit{courant de decharge en continu (Ah)}}{\textit{courant applique (A)}}$$

$$0,296h = \frac{5}{16,89}$$

$$\textit{Autonomie (min)} = \textit{Autonomie (h)} \cdot 60$$

$$17,76min = 0,296 \cdot 60$$

L'autonomie sera donc à peu égale à 17 minutes.



Etude Structurelle

Nous allons dans cette partie étudier comment seront fixer les différentes pièces entre elles et par rapport au roller.

Bon de commande:		
Moteur	Moteurs brushless Pro-Tronik, 72820 : 2820 Kv 650	
Réducteur		
Interrupteur		
Contrôleur	Mystery 40A Brushless Speed Controller (Blue Series)	
Batterie	LiPo 4S 14,8V 5A 10C	
Embrayage	Tekno RC 1/8th Elekti-Clutch, TKR40000AX	
Cloche d'embrayage		
Roulements		
Testeur de servo	Testeur de servos multifonction [JP-4460605]	

- **Bête à cornes** : (ou expression fonctionnelle du besoin) cet outil d'analyse fonctionnelle sert à définir le besoin éprouvé par l'utilisateur pour un produit, il faut répondre à trois questions: à qui rend service le produit ? sur quoi agit le produit? dans quel but?
- **F.A.S.T**: Function Analysis System Technic, outil d'analyse fonctionnelle dans lequel les fonctions sont placées dans un enchaînement logique en répondant à trois questions: pourquoi? comment? quand?
- **Motoréducteur**: système combinant un moteur à courant continu et un réducteur.
- **Diagramme pieuvre**: ou la **Méthode APTE** est une méthode spécifique d'analyse fonctionnelle et d'analyse de la valeur pour la conduite de projets d'innovation et d'optimisation. Il permet de relier les contraintes en un même point, le produit lui-même et de distinguer les fonctions principales des fonctions de service.

Livre : Comment tout marche de Michael Wright et Mukul Patel

Internet :

<http://brushlessmania.forumpro.fr/>

<http://www.conrad.fr>

<http://www.hawaiisurf.com>

<http://fr.wikipedia.org>

<http://forums.futura-sciences.com/>

<http://www.hobbycity.com/>

<http://www.miniplanes.fr/>

<http://www.a2pro.fr/>

<http://silicium628.chez-alice.fr/>

<http://www.impaktrc.com>

<http://www.promodelisme.com/>

<http://olivier.devise.free.fr/>

<http://bv-motorsport.e-monsite.com>

<http://www.patentstorm.us/>

<http://www.rcgroups.com/>

<http://www.codecogs.com/>

<http://radiospares-fr.rs-online.com/>

<http://www.youtube.com/>

<http://www.freepatentsonline.com>

[http://www.aerodesign.de/peter/2001/LRK350/Warum dreht er so eng.html](http://www.aerodesign.de/peter/2001/LRK350/Warum_dreht_er_so_eng.html)

<http://www.stefanv.com/electronics/escprimer.html>

<http://www.gotronic.fr/>

ANNEXES

Petit rappel : Comment fonctionne un moteur électrique ?

Avant de parler des moteurs brushless en particulier, un petit rappel du fonctionnement des moteurs électriques "traditionnels", c'est à dire à charbons, ne paraît pas superflu. Il faut savoir que, lorsqu'un courant passe dans un fil et que ce fil est soumis à un champ magnétique (aimant par exemple), ledit courant fait naître une force magnétique. Dans un moteur électrique, cette force, engendrée par le passage du courant dans les bobinages (fils émaillés du moteur) qui sont soumis au champ magnétique des aimants, est utilisée pour produire une rotation. Le moteur électrique est donc un "convertisseur" transformant l'énergie électrique en énergie mécanique... plus de la chaleur car le rendement n'est jamais de 100%. Pour créer le "champ tournant" des bobinages, il faut utiliser un système de commutation de manière à faire passer le courant dans ces bobinages dans un ordre précis et au bon moment. Dans un moteur à charbons ou balais (appelé brushed en anglais), cette commutation des bobinages est réalisée mécaniquement par l'intermédiaire des lamelles du collecteur situées sur l'axe moteur. Lors de la rotation, les charbons sont successivement en contact avec ces lamelles qui vont transmettre le courant continu délivré par le variateur aux bobines du moteur. Le passage du courant dans le fil des bobines fait naître une force magnétique qui repousse les aimants de même pôle et attire ceux de pôles opposés. Ce système de commutation mécanique détermine l'architecture type d'un moteur à charbons qui comprend : un rotor interne portant les bobinages, et un stator externe où sont fixés les aimants. Cette commutation mécanique est facile à réaliser mais le frottement des charbons (ou balais) sur le collecteur entraîne une perte, un échauffement du collecteur et une usure inévitable de celui-ci. D'où un rendement relatif et la nécessité d'entretenir son moteur en vérifiant régulièrement l'état des charbons et du collecteur.

Comment fonctionne un moteur brushless ?

Dans un moteur brushless (terme qui se traduit par "sans balais"), la commutation des enroulements est faite non pas mécaniquement comme précédemment mais de manière électronique par un système complexe appelé "contrôleur". Celui-ci transforme le courant continu en courant triphasé à fréquence variable et va alimenter successivement les bobines du moteur pour créer le champ tournant et donc la rotation qui nous intéresse. On comprend aisément qu'avec ce principe d'alimentation, il est impératif que les bobines soient fixes dans le moteur, et non pas en rotation comme dans un moteur à charbons. Tous les brushless ont donc la même architecture de construction : un stator fixe qui porte les bobines, et un rotor mobile sur lequel les aimants permanents sont collés. Les bobinages peuvent être réalisés de manières différentes : en étoile ou en triangle (appelé également

delta), mais vous trouverez toujours trois fils à la sortie du moteur, qui réunissent les bobinages.

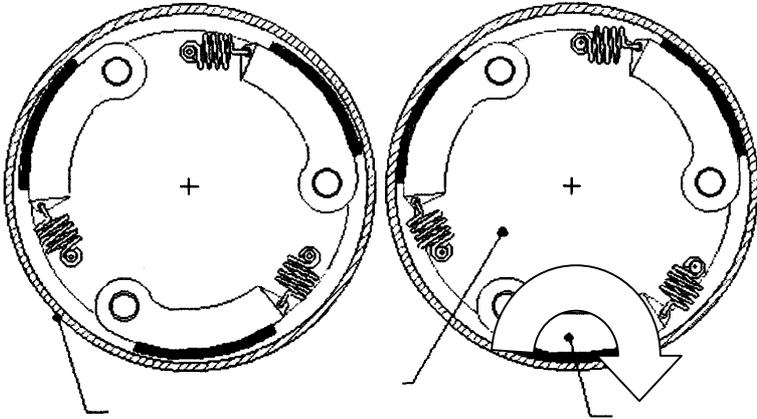
La majorité des brushless possèdent un rotor interne qui tourne très vite jusqu'à 100.000 tr/mn. Si la vitesse est là, le couple est médiocre et il est alors obligatoire de les réduire fortement de manière à pouvoir utiliser des hélices de taille adaptée.

Brushless: beaucoup d'avantages, peu d'inconvénients

Les avantages des moteurs brushless sont tellement nombreux qu'ils font vite oublier les inévitables inconvénients. En premier, tous les soucis liés aux frottements des charbons sur le collecteur disparaissent : plus de parasites, plus d'échauffement du collecteur et de pertes dues à l'étincelage, plus d'usure mécanique (si ce n'est celle des roulements), et pas besoin de rodage long et fastidieux non plus, le moteur étant utilisable au sortir de sa boîte. Le rendement est également bien supérieur à celui d'un moteur ferrite, de même que légèrement supérieur aux meilleurs moteurs samarium-cobalt et néodyme.

Mais l'avantage majeur et incontournable est bel et bien l'énorme gain de masse. A puissance développée équivalente, un brushless pèse deux à trois fois moins lourd qu'un brushed, ce qui n'est pas rien ! En moyenne, le rapport poids/puissance d'un moteur brushless est de 20 à 25 g pour 100 W développés.

Embrayage centrifuge



réducteur qui motorise la roue arrière.

- Lorsque le plateau, en traîné par le variateur atteint une vitesse de rotation déterminée, la force centrifuge engendrée, pousse la masse des patins - segments contre le tambour extérieur, en l'entraînant progressivement en rotation par frottement. A vitesse et force centrifuge plus élevées, l'ensemble de cet embrayage est bloqué, sans glissement. Ainsi le moteur est couplé graduellement et automatiquement au réducteur, pour transmettre le mouvement et le couple à la roue du véhicule.
- Lorsque la vitesse de rotation du plateau diminue au dessous d'un certain seuil, les ressorts de rappel décollent les patins de la cloche, et désaccouplent le variateur du réducteur. En phase de ralentissement lorsque l'on coupe les gaz, la roue arrière devient motrice et dans ce sens de circulation de la puissance ; de par la conception de l'embrayage principal ; les actions de frottement sur les segments de l'embrayage ont tendance à provoquer un auto-serrage qui permet de maintenir plus longtemps le phénomène de frein moteur
- Le début d'embrayage est aussi lié à la masse des patins - segments et à la force de traction des ressorts de rappel.

Embrayage Automatique centrifuge

- Ce dispositif est assez simple et fonctionne suivant le même principe qui est toujours utilisé sur les cyclomoteurs. Ce système est en fait très semblable aux freins à tambour, mais, avec des particularités.
- Sur un plateau solidaire de la poulie réceptrice du variateur, sont fixés en liaison pivot des patins - segments retenus des ressorts calibrés. Le tout est installé à l'intérieur d'un tambour (cloche d'embrayage) solidaire du