

Le DEFI SOLAIRE

A horizontal brushstroke in a vibrant yellow color, with a slightly textured, painterly appearance, spanning across the width of the page below the main title.

Véhicule Solaire

Sommaire : Partie 1



Présentation du projet

- Introduction

- La voiture solaire, qu'est ce que c'est ?

- Notre démarche

- Présentation du concours

- Cahier des charges

Analyse fonctionnelle

- Diagramme bête a cornes

- Diagramme pieuvre

- Diagramme FAST

Solutions électriques

- Les panneaux solaires

- Le moteur

- La batterie

- La commande à distance

Sommaire : Partie 2



Solutions mécaniques

- Choix du système direction/motorisation

- Motorisation

- Direction

- Choix des matériaux du châssis

- Modélisations Solidworks

La voiture réelle

- Construction de la voiture

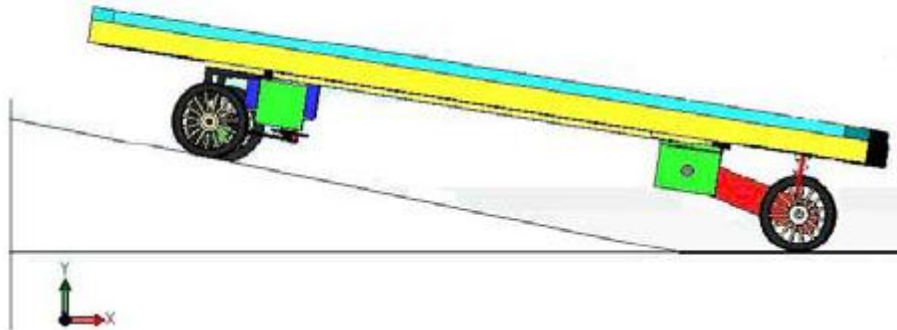
- Problèmes rencontrés

- Points forts et points faibles

Remerciements

Introduction

L'énergie utilisée par ces voitures doit être exclusivement issue du solaire. Ces dernières devront également respecter un cahier des charges afin de pouvoir concourir.



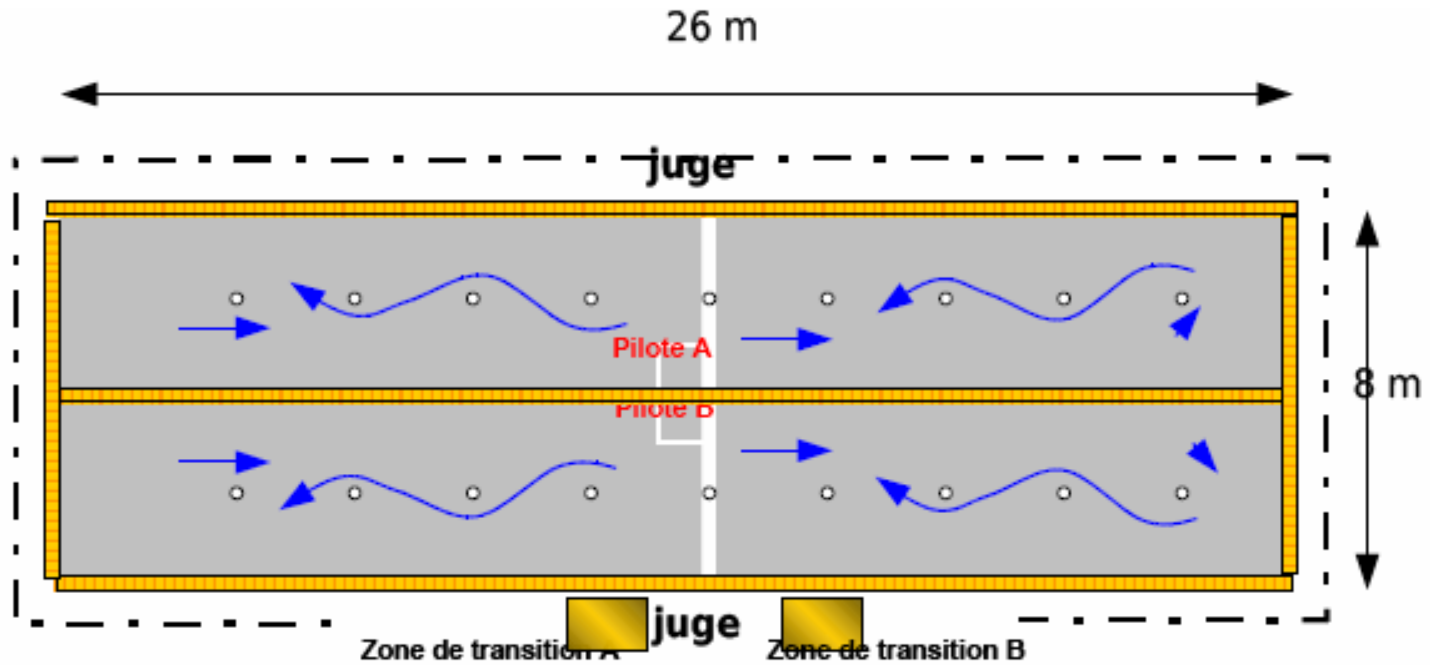
Notre démarche




Les axes du projet seront :

- Utiliser et adapter l'énergie solaire à notre véhicule radiocommandé
- Optimiser les rendements et performances du véhicule (dans l'optique de gagner la course)
- Respecter le cahier des charges qui nous est imposé
- Réduire au maximum les dépenses...
- Découvrir les technologies liées au modélisme
- Faire face aux éventuels problèmes et y remédier

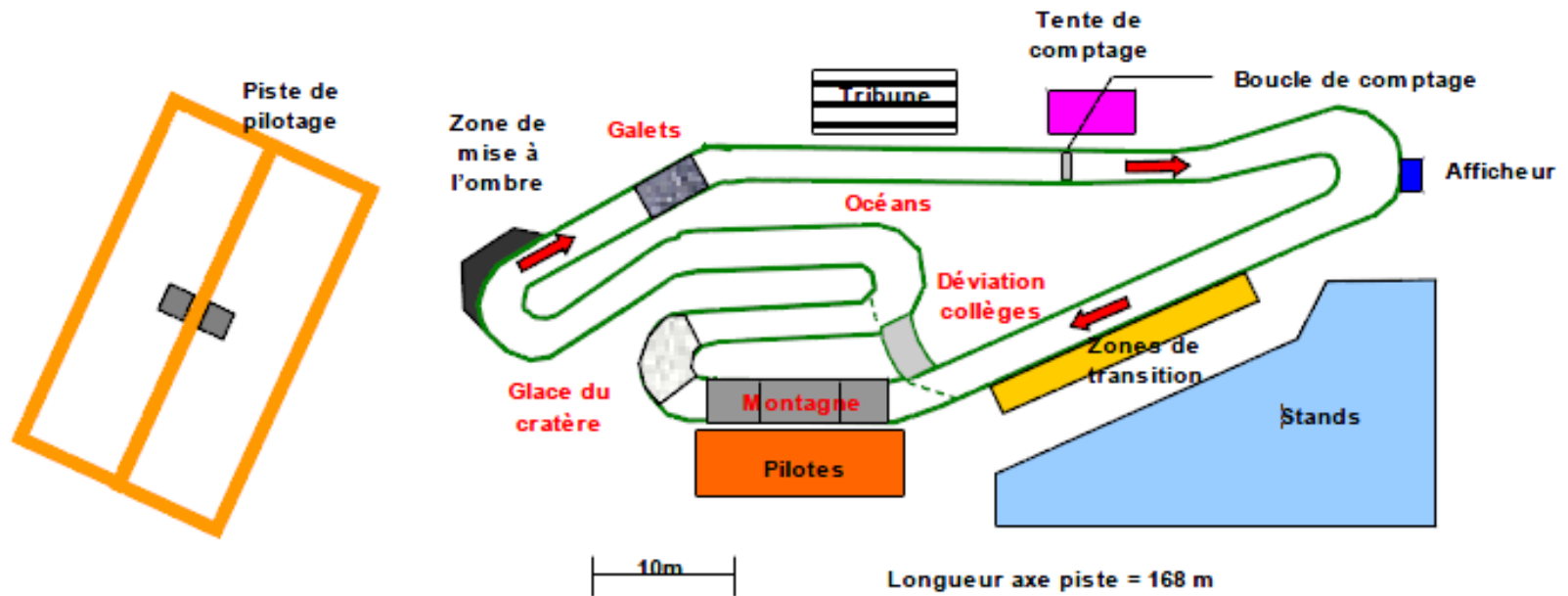
L'épreuve de pilotage



Il y a 2,5 m entre les plots.

- - - - - Barrières
-  Tour de piste (gaine plastique annelée diam : 80mm)

L'épreuve d'endurance



Le parcours est composé de plusieurs obstacles que la voiture devra passer sans encombres.

Par exemple une pente à 20%, un désert de galet ou une zone où l'adhérence est réduite.

Cahier des charges

Voici les principaux éléments constitutifs du cahier des charges que nous devons respecter pour ce concours :

- ✓ Source d'énergie du véhicule exclusivement d'origine solaire.
- ✓ La surface totale des cellules solaires équipant le véhicule n'excèdera pas $0,22 \text{ m}^2$.
- ✓ Dimension max du véhicule : $L = 80 \text{ cm}$, $I = 50 \text{ cm}$ et $H = 80 \text{ cm}$.
- ✓ Le véhicule doit comporter des pare-chocs avant et arrière.
- ✓ La garde au sol ne devra pas dépasser 50mm .
- ✓ La masse minimale du véhicule est de 1kg sans batterie.
- ✓ Tout véhicule doit pouvoir démarrer de manière autonome (sans aide extérieure) sur une surface plane horizontale.

Analyse fonctionnelle



Nous avons effectué plusieurs diagrammes pour étudier l'analyse fonctionnelle de ce véhicule.

- Diagramme Bête à cornes
- Diagramme Pieuvre
- Diagramme FAST

- Chaine d'information et d'énergie

Diagramme Bête a cornes

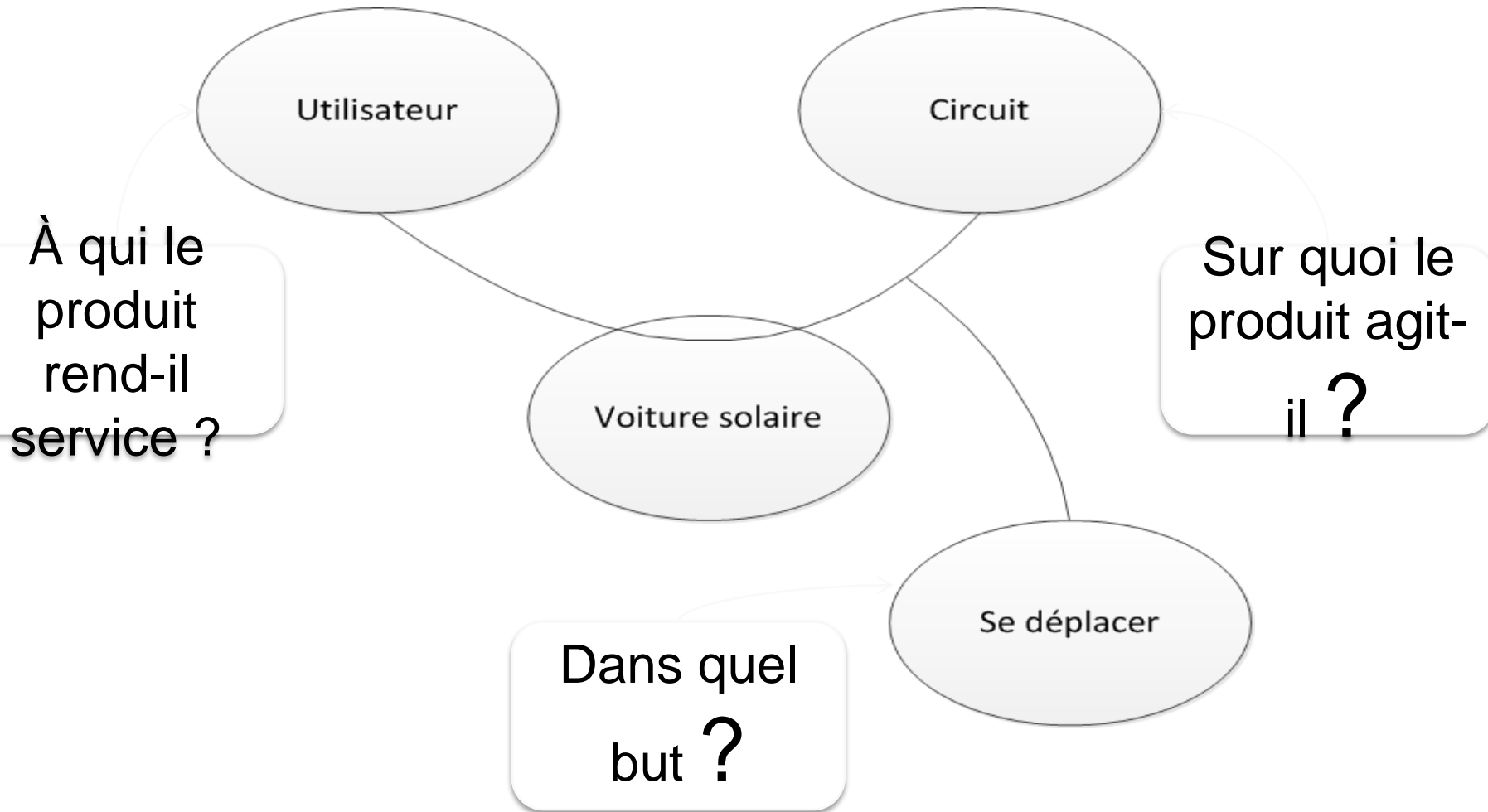
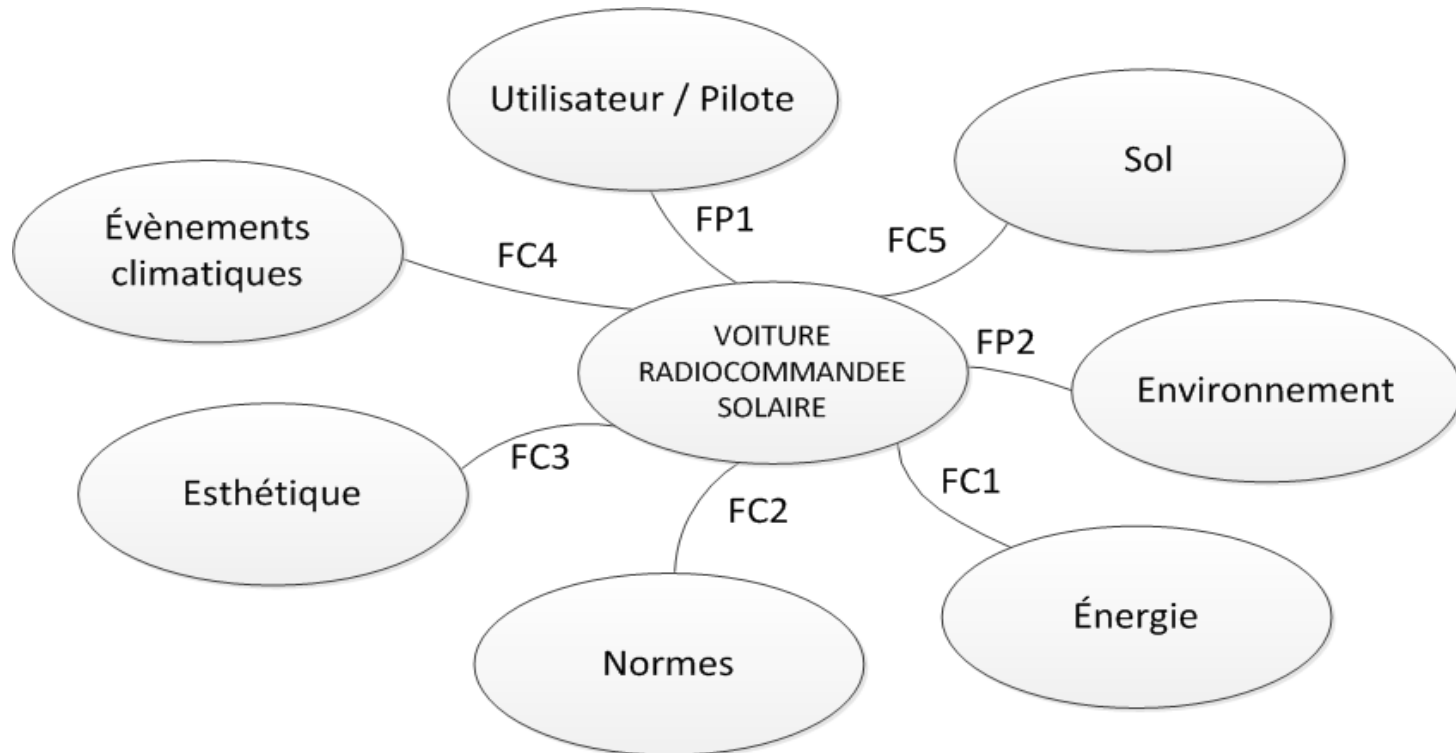


Diagramme Pieuvre



FP1 : Fonctionner suivant les commandes de l'utilisateur

FP2 : Respecter l'environnement

FC1 : Avoir une autonomie suffisante

FC2 : Respecter les normes en vigueur (règlement du concours)

FC3 : Être esthétique

FC4 : Résister au soleil

FC5 : S'adapter à la configuration du circuit

Diagramme FAST : Partie 1

Solutions technologiques

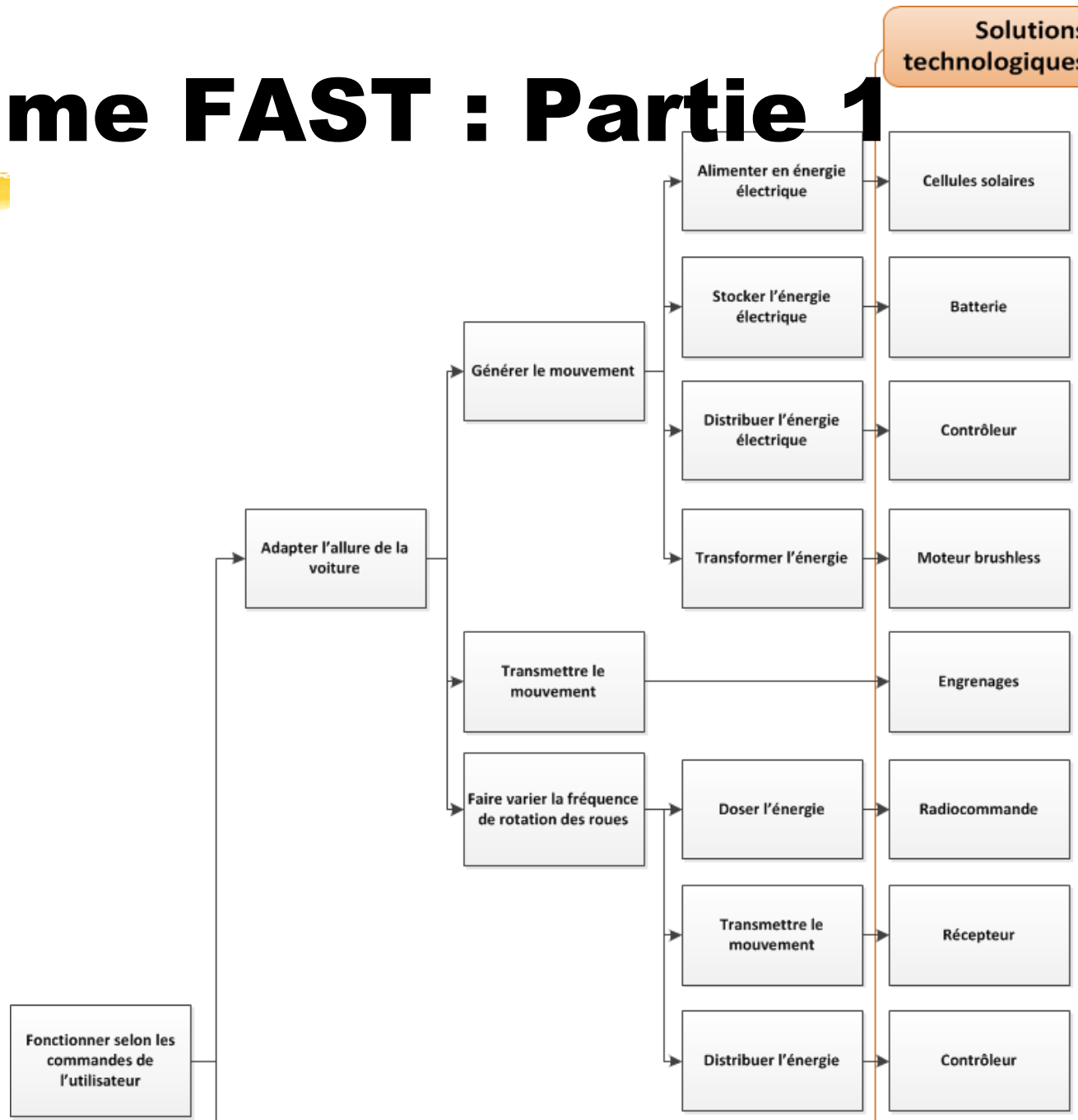
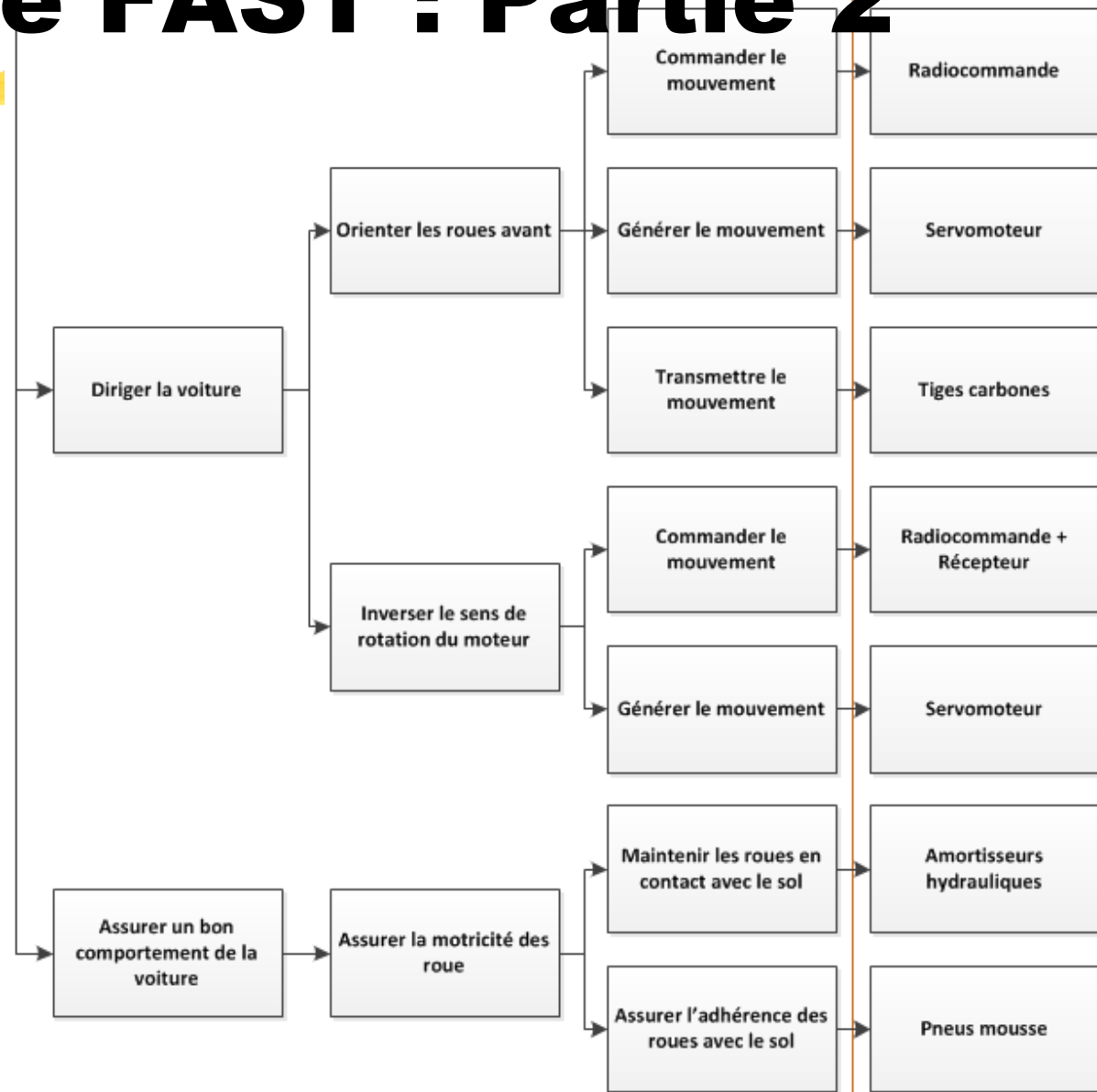
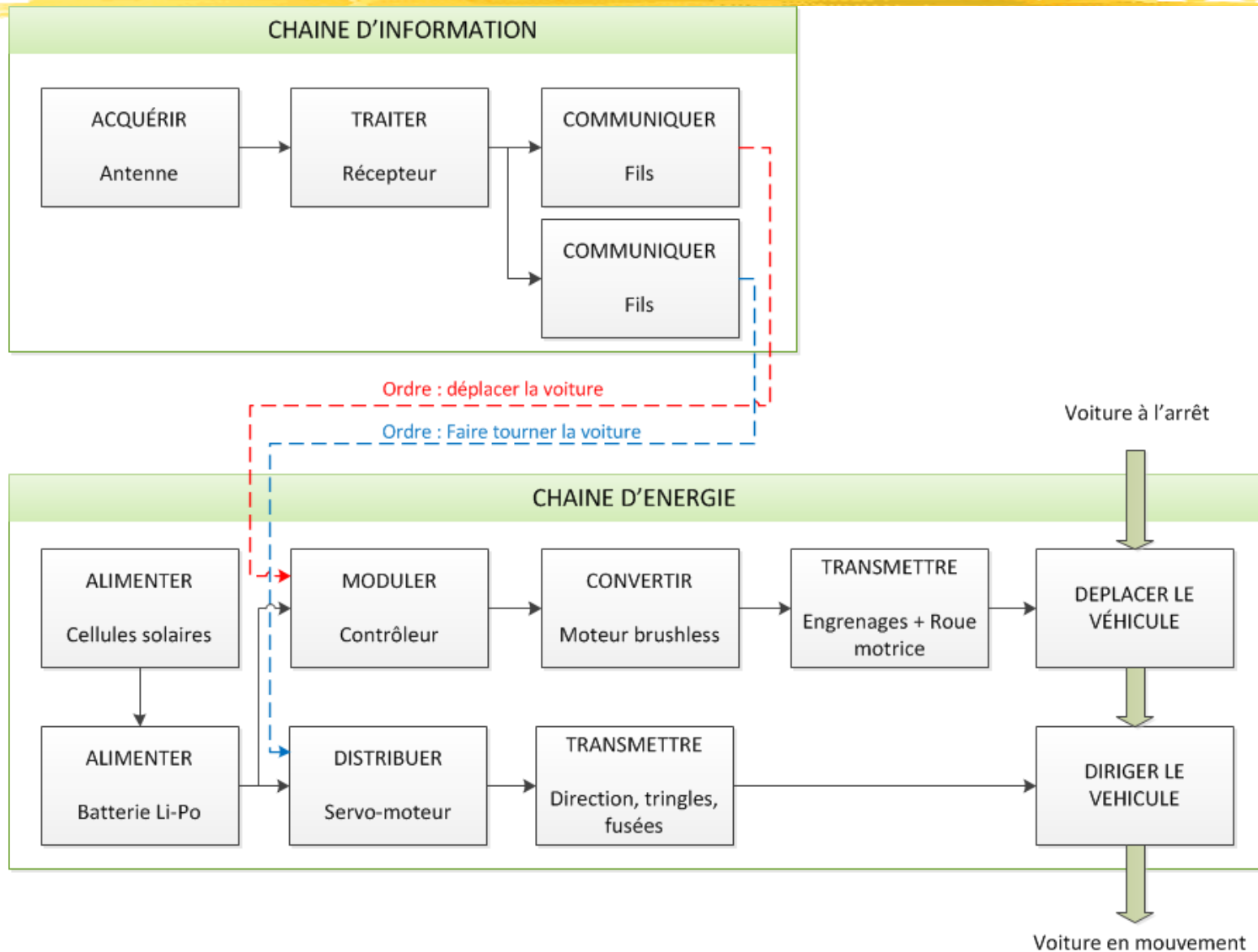


Diagramme FAST : Partie 2



Chaîne d'information et d'énergie



Solutions électriques



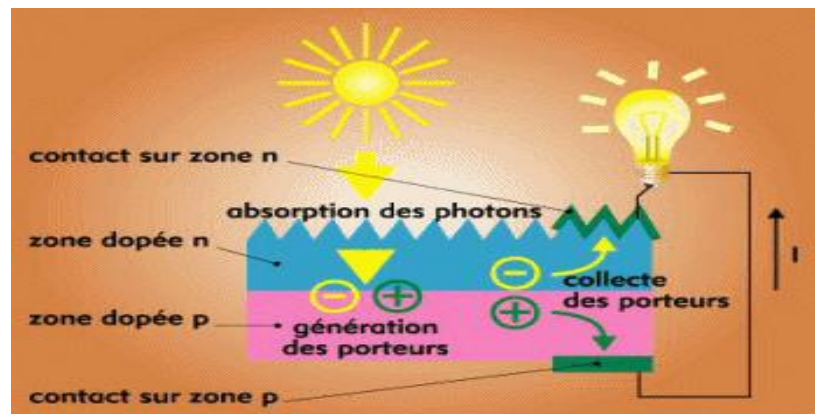
Dans cette partie nous allons traiter les différents points suivants.

- Les cellules solaires
- La batterie
- Le moteur
- La commande à distance

Les cellules solaires

Une cellule photovoltaïque est un composant électronique en silicium qui, exposé à la lumière, produit de l'électricité.

Lorsqu'un photon arrive, son énergie crée une rupture entre un atome de silicium et un électron, modifiant les charges électriques. C'est ce qu'on appelle l'effet photovoltaïque.



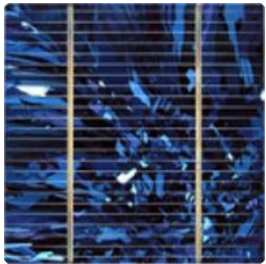
Les différents types

Les cellules monocristallines:



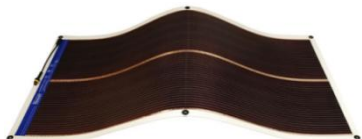
- Cellules formées que d'un seul cristal de silicium
- Elles ont un bon rendement (14 à 16%) mais le coût de fabrication est élevé.

Les cellules polycristallines :



- Cellules formées de plusieurs cristaux de silicium
- Bon rendement mais plus faible que les monocristallines
- Mais le coût de fabrication est moins élevé.

Les cellules flexibles :



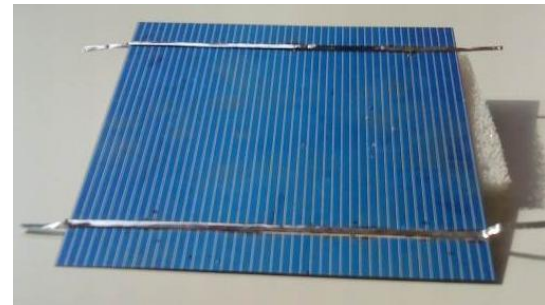
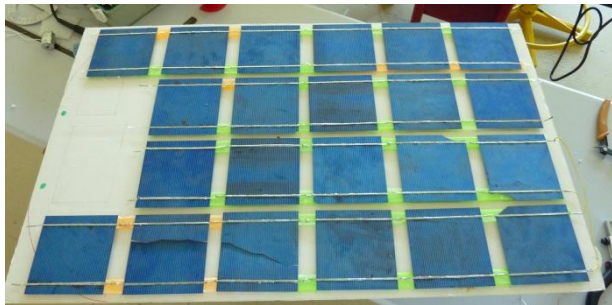
- Cellules faites d'un dépôt de silicium amorphe sur une couche en matière plastique
- Elles sont résistantes mais ont un rendement médiocre en plein soleil

Nos choix pour les cellules

Notre choix s'est porté sur des cellules monocristallines Lemo-Solar 100mmx100mm pour des questions de rendement et de facilité de commande.

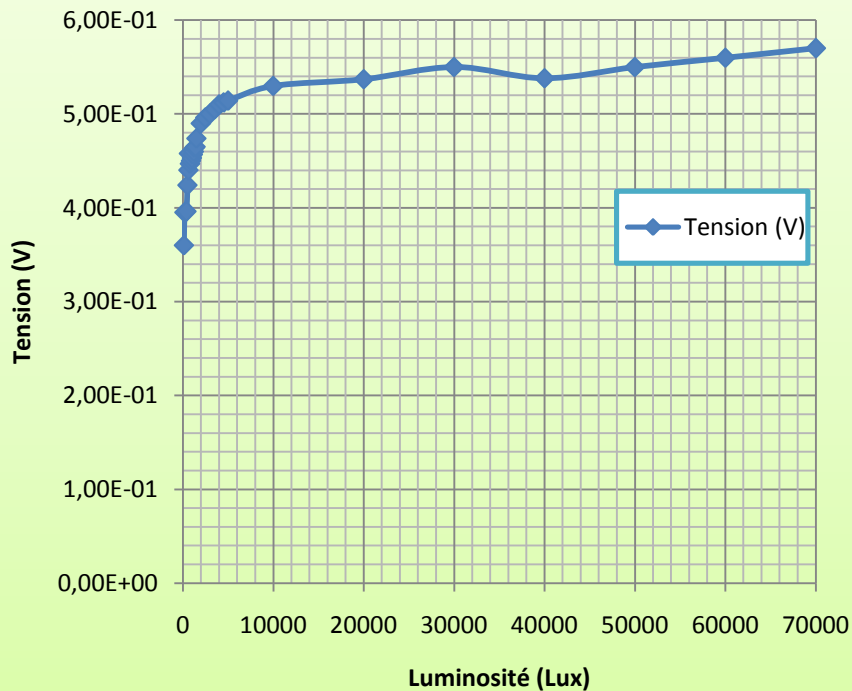
Les cellules seront soudées puis assemblées en série pour former une succession de 20 cellules.

Les cellules seront disposés sur une plaque en carton-plume puis maintenus en place grâce à du double-face comme présenté sur la photo du milieu.



Caractéristiques

Tension en fonction de la luminosité



- Tension en plein soleil de 0,55V.
- Intensité de 3300mA.
- La tension varie moins que l'intensité lors d'une variation de luminosité.
- La surface étant limitée à 2200 cm², nous ne pouvons pas mettre plus de 22 cellules sur notre véhicule.
- Branchement en série car :
 - Intensité fournie (3A environ en plein soleil) > intensité absorbée (1A en moyenne).
 - Tension fournie = 9,5V environ

Détails des calculs



La tension de charge de la batterie max. est de 8,4 V.

Le nombre de cellules nécessaire est donc défini par :

$$\frac{\textit{Tension nécessaire}}{\textit{Tension moyenne d'une cellule}} = \frac{8,4 \textit{ V}}{0,45 \textit{ V}} = 18,7 \textit{ cellules}$$

Soit 19 cellules en série sur notre véhicule.

Pour avoir de la marge et en cas de mauvais temps nous en avons décidé d'en implanter 20.

La batterie

Il s'agit d'un ensemble d'accumulateurs électriques reliés entre eux de façon à créer un générateur de courant continu de la capacité et de la tension désirée.

La batterie lithium-ion fonctionne avec l'ion lithium entre une électrode positive et une électrode négative

Dans le cas des Li-Po, l'électrolyte un polymère gélifié.

Ce type de batterie présentent dans un volume faible une capacité importante. Elles ont un taux d'auto décharge de 10% par mois.

Par contre elles ont une limite dans le taux de décharge et de charge (15 décharges max) et sont également fragiles mécaniquement et électriquement.



Choix pour la batterie



Dans notre cas nous avons choisis une batterie de type Li-Po car elles ont une capacité poids/puissance beaucoup plus intéressante comparée aux batteries de type NiCd et NiMH. Pour la même capacité, elles pèsent le tiers du poids d'un pack traditionnel.

Notre véhicule étant un véhicule solaire, la batterie est une solution qui permet de stocker l'énergie provenant des cellules.

Elle sera fixée au châssis par le dessous au niveau de la motorisation pour équilibrer les charges et ainsi éviter que la voiture ne saute trop car les suspensions sont à l'arrière.

Dans le circuit électrique les cellules chargeront la batterie mais il ne faut pas que la batterie se décharge dans les cellules, une diode anti-retour sera donc implantée dans ce circuit.

Détails des calculs

Temps nécessaire pour charger la batterie entièrement :

$$t = \frac{\text{capacité de la batterie}}{\text{intensité de charge}} = \frac{2,8 \text{ Ah}}{3 \text{ A}} = 0,93 \text{ heures} = 56 \text{ minutes}$$

La cahier des charges impose 30 minutes de charge, la batterie sera donc à moitié chargée au début de la course.

Ici à hauteur de :

$$\text{Capacité} = I \text{ de charge} \times \text{temps de charge} = 3\text{A} \times 0,5\text{h} = 1500 \text{ mAh}$$

Avec une charge à 1,5A (les 1,5 A restants allant au moteur) la batterie sera complètement chargée au bout de :

$$\text{capacité restante} = 1,2 \text{ Ah}$$

Le moteur



Notre choix de moteur c'est porté sur un moteur dit « Brushless », il s'agit d'une machine électrique de la catégorie des machines synchrones, dont le rotor est constitué d'un ou de plusieurs aimants permanents.

Ce type de moteur, grâce a son système sans balai et a son rotor en cage tournante (a l'extérieure du stator) permet des rendements nettement supérieurs a un moteur classique, type courant continu.

De plus , ce type de moteur est beaucoup plus léger que les moteurs a courant continu, pour une puissance similaire.

Ce double avantage de rendements permettra donc de limiter la charge de la voiture, d'exploiter au mieux l'énergie issue des cellules.

On peut donc en conclure que le moteur brushless, déjà très utilisé en modélisme, est l'une des meilleures solutions de motorisation.

Nos choix pour le moteur

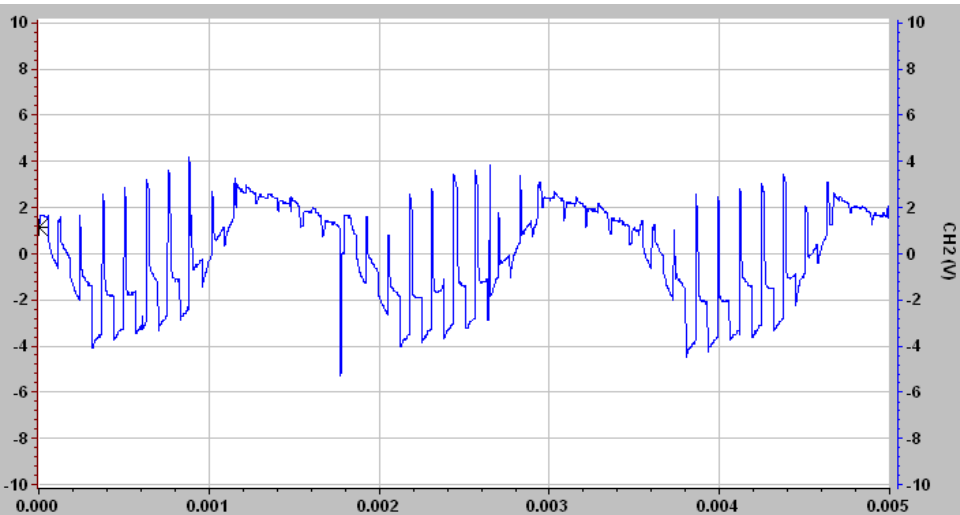
Notre moteur est un moteur brushless Pro-tronik DM 2210.

Le contrôleur n'est pas intégré au moteur mais est à part, il nous a donc fallu en acquérir un également, il s'agit d'un contrôleur Pro-Tronik PM-20A.

Il permet d'une part d'alimenter le moteur en convertissant le courant continu en alternatif pour permettre la commutation du courant dans les enroulements statoriques, mais permet également d'alimenter le récepteur et de commander la vitesse de rotation du moteur.

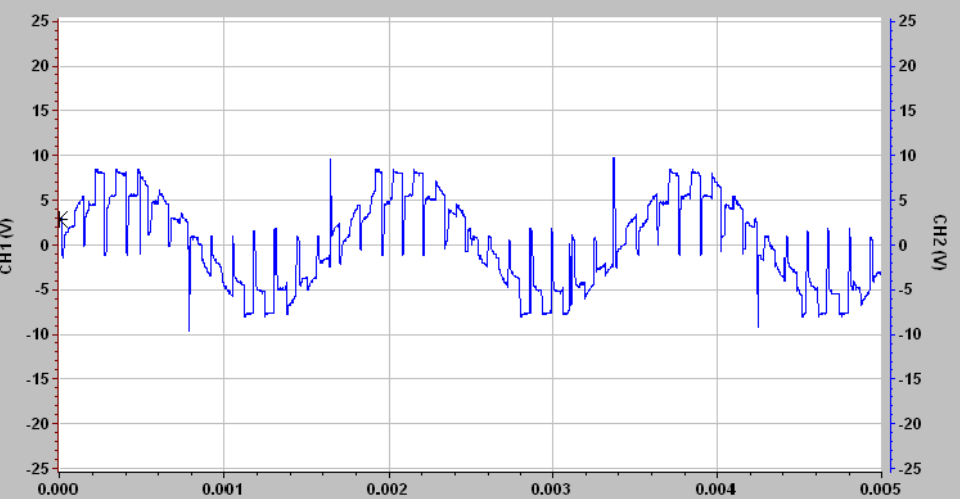


Fonctionnement du moteur



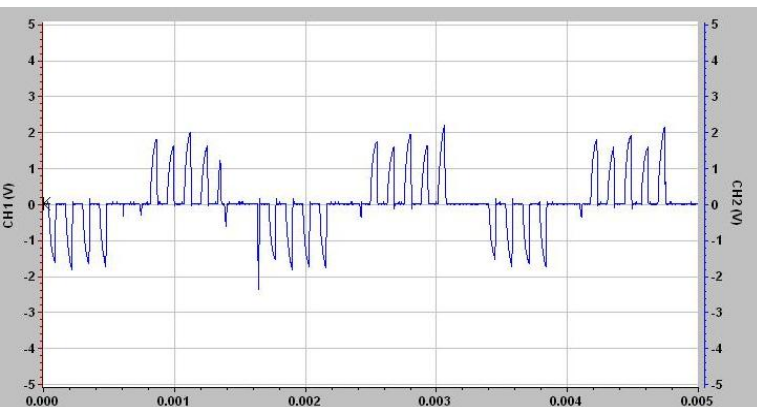
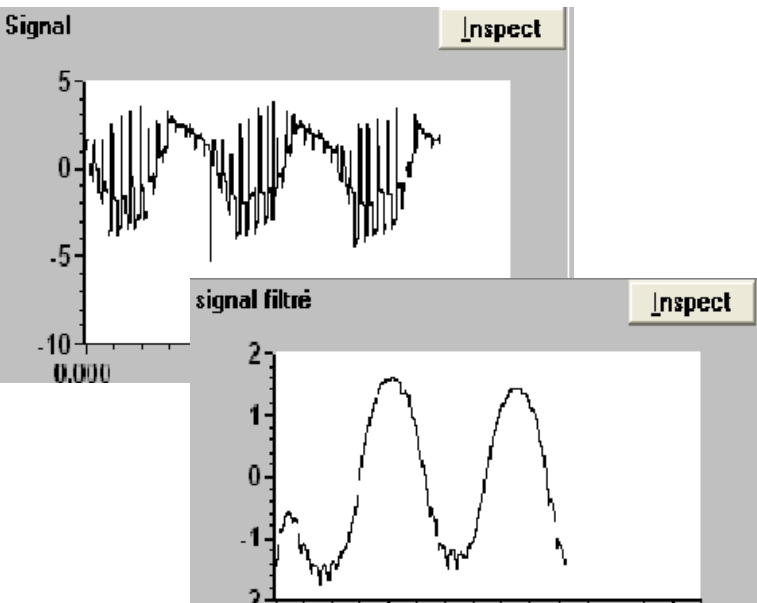
Dans cette partie, nous allons vous présenter comment est commandé notre moteur. Pour se faire, nous avons réalisé des mesures à l'oscilloscope.

Cette courbe montre la différence de tension entre deux phases. Nous observons facilement un décalage angulaire, caractéristique d'une alimentation triphasée.



Cette courbe présente la tension d'alimentation aux bornes d'une phase du moteur. Pour exploiter correctement cette courbe, nous avons réalisé un filtre passe-bas permettant d'éliminer les hautes fréquences, harmonique de la fréquence de base.

Suite du descriptif



Après utilisation du filtre, la deuxième courbe montre une tension d'alimentation sinusoïdale.

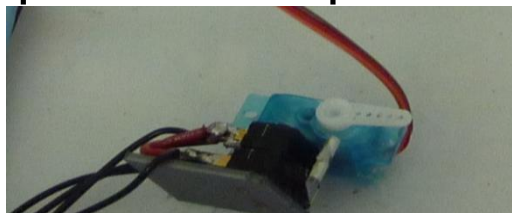
Lorsque nous augmentons la vitesse du moteur, on constate que la fréquence d'alimentation augmente. Le contrôleur agit donc comme un modulateur de fréquence.

Cette courbe présente l'intensité délivrée à une phase. Pour réaliser cette mesure, nous avons pris la tension aux bornes d'une résistance de 1.8 Ohm branchée en série entre le contrôleur et la phase. Lorsque l'on prend l'intensité aux bornes d'une autre résistance correspondant à une autre phase, on constate un décalage de 120° . Lorsque l'on augmente la vitesse de rotation du moteur, les pics que forme les « carrés » s'élargissent jusqu'à former une courbe aillant une allure de créneau. Lorsque l'on exerce un couple résistant au moteur, la valeur de l'amplitude des pics augmente.

La marche arrière

Le moteur que nous utilisons est un moteur d'avion, le contrôleur ne dispose donc pas de marche arrière. En cas de problème durant la course nous souhaitons pouvoir nous en sortir sans devoir intervenir sur le véhicule ce qui impose des pénalités, nous avons donc décidé d'en implanter une sur le véhicule.

Pour cela nous avons utilisé un petit servomoteur et deux micro rupteur. Lorsque nous voudrons utiliser la marche arrière il nous suffis d'actionner le servomoteur qui va presser les deux micro rupteurs et ainsi inverse deux des trois phases du moteur, ce qui aura pour conséquence d'inverser son sens de rotation.



La radiocommande

Les véhicules doivent être radiocommandés pour pouvoir être commandés à distance.

Pour contrôler notre voiture solaire à distance, nous avons choisi une radio commande avec une fréquence de 2,4GHz.

Les critères qui ont influencé notre choix sont en premier lieu la fréquence qui permet d'avoir une distance de réception plus grande que les autres fréquences (200MHz) mais également pour la taille de l'antenne. Le prix a aussi été pris en compte dans nos choix.

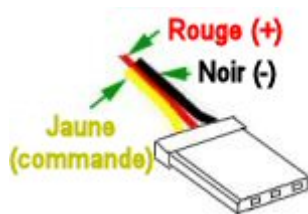


Le récepteur

Comme son nom l'indique, le récepteur de notre équipement radio a pour fonction de recevoir les informations provenant de la radiocommande sous forme d'onde électromagnétiques. Dans notre cas la fréquence est de 2,4GHz.

La seconde fonction consiste à déchiffrer cette information, de la traiter de façon à ce qu'elle soit comprise par les servomoteurs ou autres équipements comme le contrôleur par exemple, puis de la transmettre par l'intermédiaire du fils de connexions.

Chaque prise est composée de 3 fils : un pour la phase, un second pour le neutre et un dernier pour la commande.



Le servomoteur

Le servomoteur se présente sous la forme d'un petit boîtier dont la taille varie de 1 à 10 cm de hauteur.

Il est composé :

- d'un moteur qui permet de faire tourner les pignons et le palonnier,
- d'un potentiomètre pour connaître la position du palonnier,
- et de pignons pour démultiplier l'effort du moteur et pour obtenir un couple important.

Sur le dessus, un axe permet d'actionner le palonnier. Cet axe peut tourner d'environ 45° de part et d'autre de sa position de repos. Celui-ci permettra de transmettre un mouvement (une barre de direction par exemple).

Les ordres de mouvement sont donnés par le récepteur sous forme d'impulsions toutes les

à la position du manche de la

Palonnier
r

Potentiomètre

Moteur

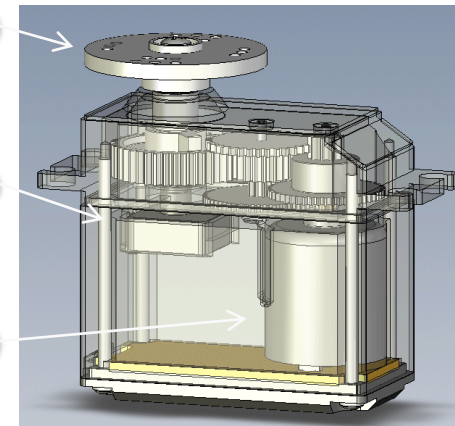
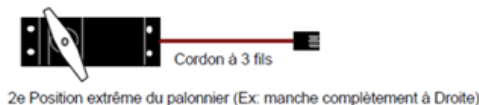
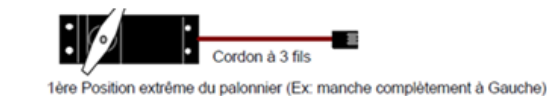
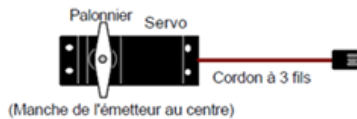
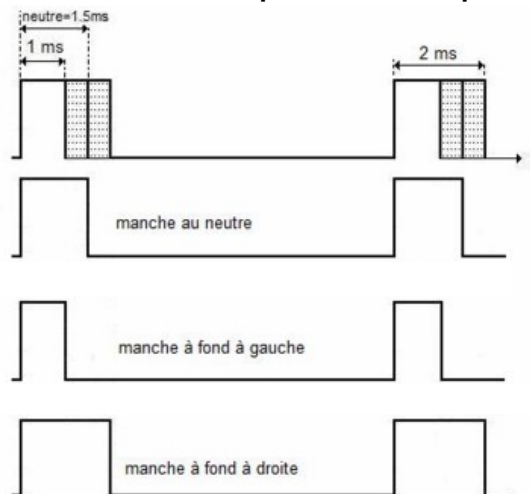
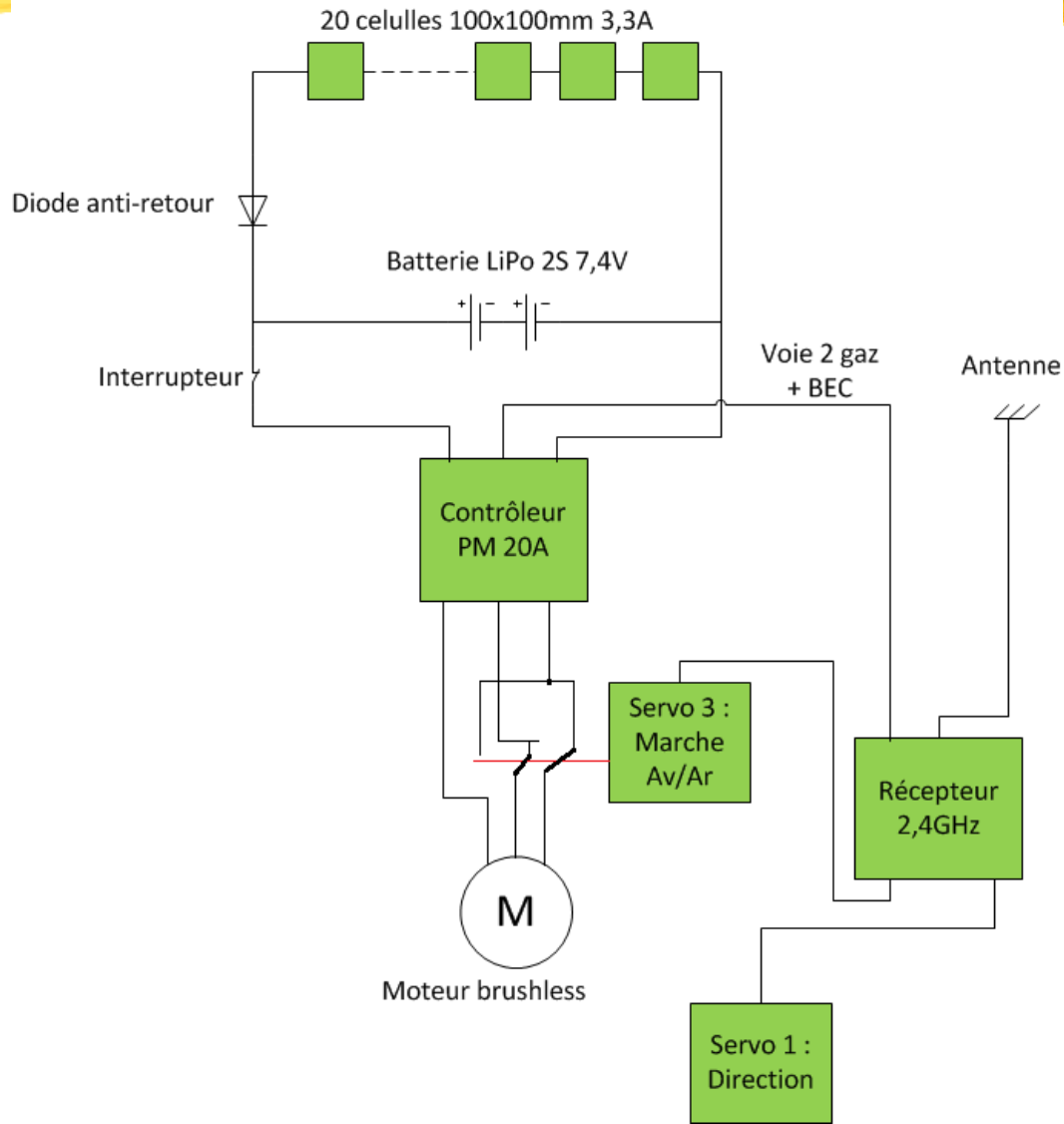


Schéma électrique général



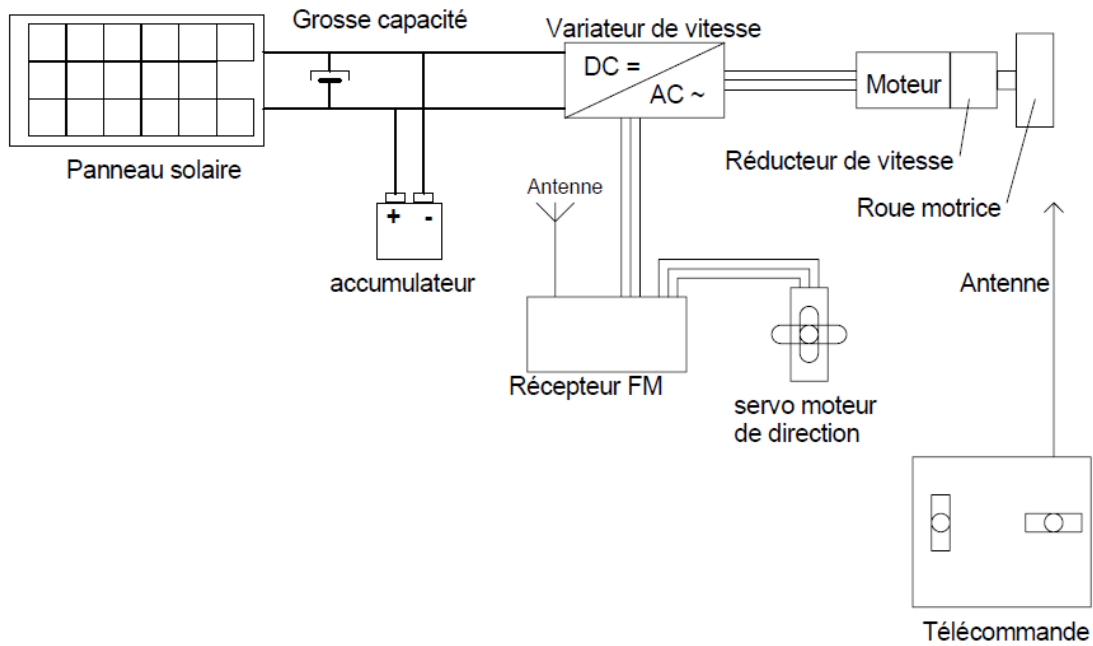


Figure 5 : synoptique d'une voiture solaire radiocommandée

Solutions mécaniques



Pour mettre en œuvre notre projet nous avons dû réfléchir aux différentes contraintes mécaniques qu'impose la réalisation d'un véhicule. Voici ce que nous allons développer dans cette partie :

- Choix du système direction/motorisation
- La motorisation
- La direction
- Choix des matériaux du châssis
- Modélisation Solidworks

Choix du système direction/motorisation

Plusieurs choix se sont offerts à nous par rapport à la géométrie du véhicule : le nombre de roues et le placement de la motorisation . Voici la comparaison entre 4 :


Quatre roues motrices

- Maximum de stabilité
- Grand puissance car 2 ou 4 moteurs
- Mise en place de 2 voir 4 moteurs
- Système récepteur/contrôleur encombrant
- Prix de 4 moteurs élevés
- Poids beaucoup plus élevé donc consommation d'énergie plus grande

Deux roues motrices à l'avant, deux roues directrices à l'arrière

- Plus simple que le premier système
- Prix moins élevé
- Pilotage plus difficile car moins intuitif par rapport à une direction avant.

Choix du système direction/motorisation



Deux roues motrices
arrière, deux roues
directrices avant

- Bonne stabilité
- Maniement et pilotage aisé
- Trop cher
- Trop lourd

Deux roues directrices
avant, une roue motrice
arrière

- Solution la moins chère
- Un seul moteur
- Mise en place électrique aisée
- Le moteur doit être suffisamment puissant ou équipé d'un réducteur

nécessaire pour monter la pente de 20%

Pour gravir cette pente, le moteur devra fournir un couple plus important que sur un sol plat.

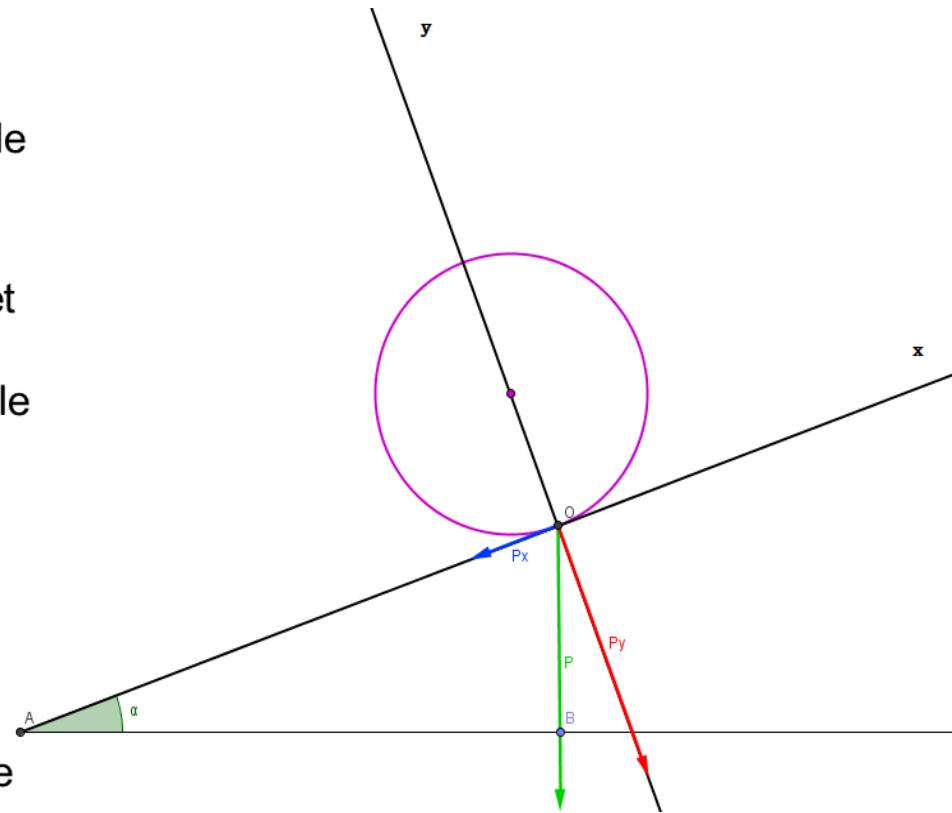
Prenons le repère O, \vec{x}, \vec{y} où \vec{x} correspond à la surface du plan incliné. La roue exerce alors sur le sol une action \vec{P} (poids du véhicule additionné à l'action du moteur pour le maintenir en équilibre). Cette force peut être décomposée selon l'axe \vec{x} et l'axe \vec{y} .

On a une pente de 20% ce qui équivaut à un angle α de $11,3^\circ$.

$$\tan(\alpha) = \frac{20}{100}$$
$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{20}{100}\right) = 11,3^\circ$$

L'angle que forme \vec{P} avec \vec{x} vaut $78,5^\circ$. La somme des trois angles d'un triangle valant 180° on a :

$$180 = \alpha + 90 + \widehat{OAB}$$
$$\text{Donc } \widehat{OAB} = 180 - (11,3 + 90) = 78,7^\circ$$



Le schéma ci-dessus montre l'action de la roue sur le sol lorsque celle-ci est en équilibre sur le plan incliné.

Suite des calculs

Le poids du véhicule est de 26N, réparti sur trois roues. Cependant, le sol étant en pente, le poids du véhicule n'est pas réparti également sur les trois roues, la roue arrière reçoit ici un peu moins de la moitié du poids total du véhicule, soit environ 13N.

On obtient alors la relation suivante :

$$\cos(\widehat{OAB}) = \frac{\vec{Px}}{\vec{P}}$$
$$\vec{Px} = \cos(78,7) \times \vec{P} = 0,2 \times 13 = 2,6N$$

Le couple moteur à fournir pour monter la pente sans tenir compte des frottements est donc de :

$$C_m = \vec{Px} \times R = 2,6 \times 0,032 * 1/6.67 = 0,015N.m$$

Où R est le rayon de la roue en mètres

Le couple nécessaire pour gravir la pente égal au couple calculé précédemment, plus le couple nécessaire à la mise en mouvement du véhicule, soit :

$$0,016 + 0,015 = 0,031N.m$$

Calcul du couple à ne pas dépasser pour que la roue arrière roule sans glisser

Le coefficient de frottement φ doit être supérieur à la tangente de l'angle formé entre la force exercée par le sol sur la roue et la normale du sol.

Autrement dit $\frac{\|\vec{F}_t\|}{\|\vec{F}_n\|} < \varphi$ pour que la voiture roule sans glisser.

(\vec{F}_t est la composante tangentielle de la force exercée par le sol sur la roue, \vec{F}_n est la composante normale).

Dans notre cas, ce coefficient vaut 0,80 dans le meilleur des cas, on prendra 0,75 pour garder une marge confortable.

On déduit alors la valeur limite de \vec{F}_t :

$$\|\vec{F}_t\| = \varphi \times \|\vec{F}_n\| = 0,75 \times 8,6 = 6,45N$$

A partir de là, on en déduit le en sortie de la roue maximal à ne pas dépasser :

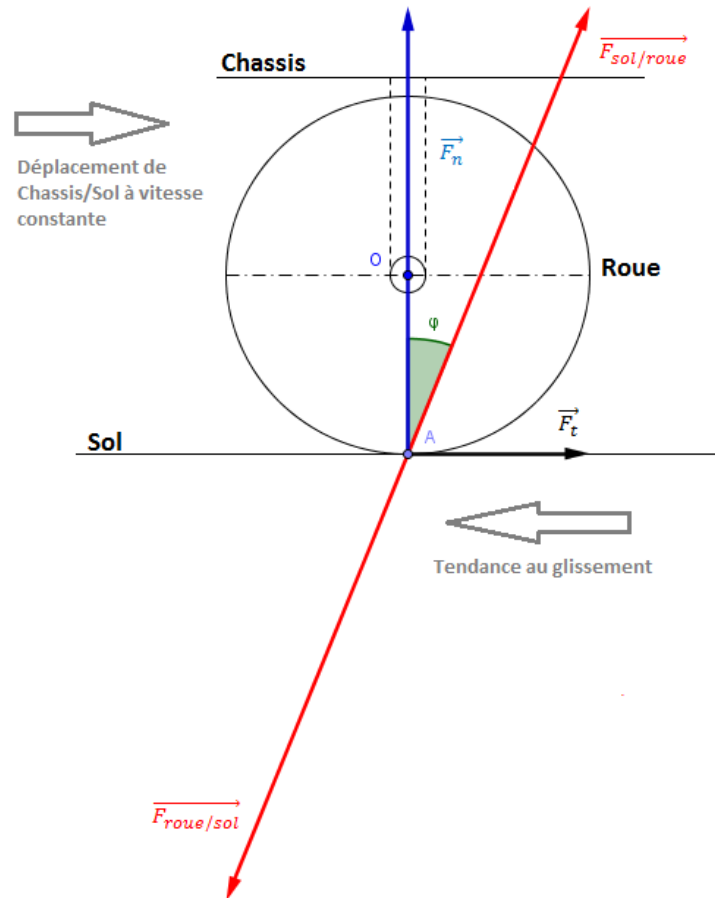
$$C_m = \|\vec{F}_t\| \times R$$

où R est le rayon de la roue, celui-ci vaut 32mm

$$C_m = 6,45 \times 32 \cdot 10^{-3} = 0,2 N.m$$

Suite des calculs

Au démarrage, le couple en sortie de la roue est de 0.144Nm, la voiture ne fera donc pas de dérapages du au couple au démarrage.



Calculs concernant le moteur

Notre batterie fournit 7,4V et le moteur a un Kv de 1100 tr/min/V.

La vitesse du moteur se calcule de la façon suivante :

$$V_{moteur} = Kv \times tension\ alimentation = 1100\ tr/min/V \times 7,4\ V = 8140\ tr/min$$

On obtient alors la fréquence de rotation par la formule :

$$\omega = \frac{8140 \times 2\pi}{60} = 855\ rad/sec$$

La vitesse du véhicule serait, par conversion des unités, égal au rayon de la roue que multiplie la vitesse angulaire du moteur soit :

$$0,032\ m \times 855 = 27\ m/s = 97\ km/h$$

Ceci seulement si le moteur est fixé directement sur la roue.

Le couple de sortie est égal à $\frac{P}{\omega} = \frac{110}{855} = 0,13\ N.m$ lorsque le moteur tourne à pleine vitesse.

Après plusieurs essais, nous avons opté pour le réducteur suivant : $\frac{12}{50} \times \frac{25}{40}$, soit un réducteur de $\frac{1}{6,7}$. Grâce à ce réducteur, le véhicule démarre à plat au bout de quelques secondes de lente accélération.

La nouvelle vitesse obtenue est $\frac{97}{6,7} = 14\ km/h$

Suite des calculs

La force exercée par la roue pour démarrer vaut :

$$\begin{aligned} & \text{Poids de la voiture} \times \text{Forces de frottements internes} \\ & = \text{masse} \times g \times \sin 10^\circ = 26 \text{ N} \times 0,1737 = 4,5 \text{ N} \end{aligned}$$

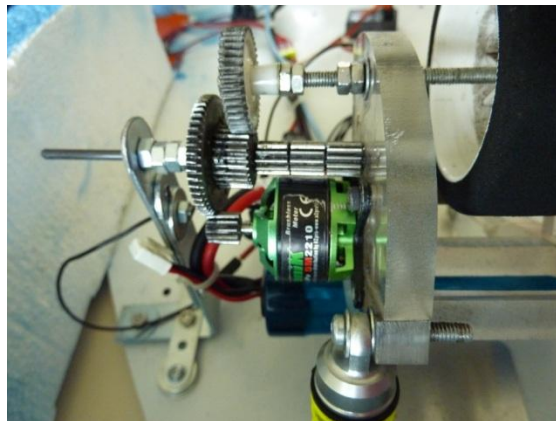
Le couple en sortie du réducteur est de

$$\text{Couple} = \text{rayon roue} \times \vec{F} = 0,032 \text{ m} \times 4,5 \text{ N} = 0,144 \text{ N.m}$$

Et en entrée du réducteur le couple vaut :

$$\begin{aligned} \text{Couple} & = \text{rendement} \times \text{rapport de réduction} \times \text{couple en sortie} \\ & = 0,75 \times \frac{0,144 \text{ N.m}}{6,67} = 0,016 \text{ N.m} \end{aligned}$$

On remarque que sans ce réducteur, la voiture n'aurait jamais pu démarrer.



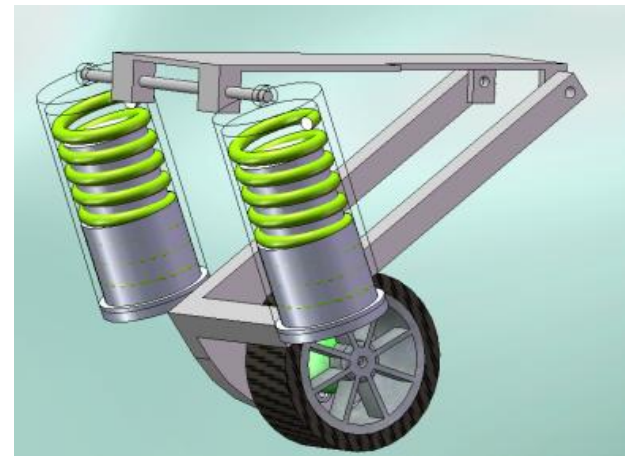
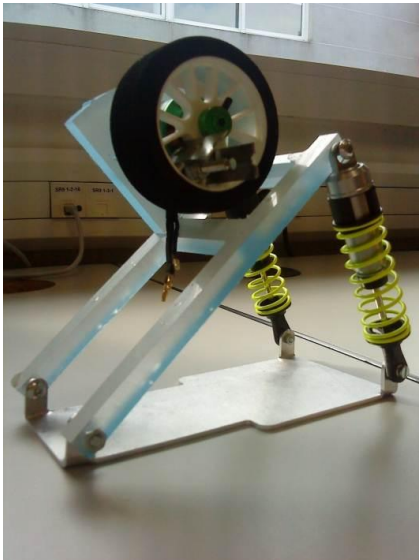
Résumé des caractéristiques

- Vitesse de rotation du moteur à vide : 8140 tr/min
- Fréquence de rotation du moteur à vide : 775 rad/sec
- Couple moteur au démarrage : $0,016 \text{ N.m}$
- Couple nécessaire pour monter la pente : $0,031 \text{ N.m}$
- Couple en sortie de la roue au démarrage à ne pas dépasser pour garder l'adhérence : $0,2 \text{ N.m}$
- Couple en sortie de la roue au démarrage : $0,144 \text{ N.m}$
- Rapport de réduction du réducteur : $\frac{1}{6,67}$
- Vitesse de croisière de la voiture : 13 km/h

Mise en place de la motorisation

Le groupe motoréducteur et la roue seront placés à l'arrière du véhicule comme précisé précédemment sur une pièce fabriqué à cet effet qui contient une suspension pour amortir les chocs et vibrations.

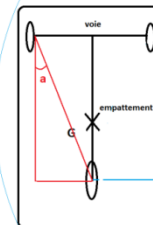
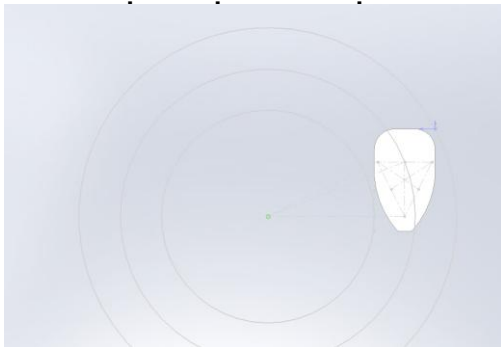
Cette pièce a été entièrement dessiné et conçu sur Solidworks puis usiné dans de l'aluminium et du plexiglass.



Théorie sur la mise en place de la direction

Remarques :

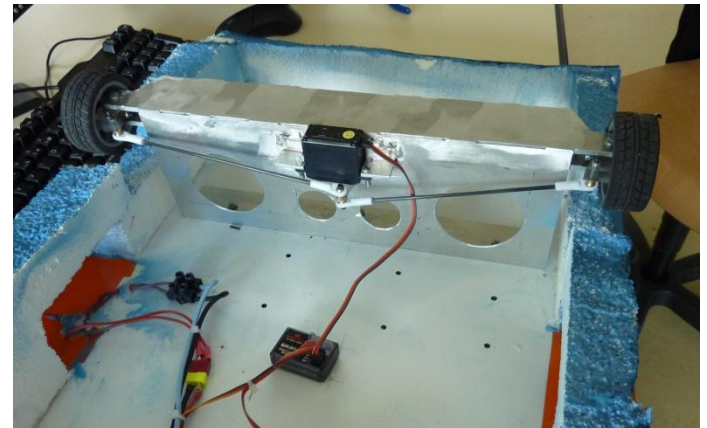
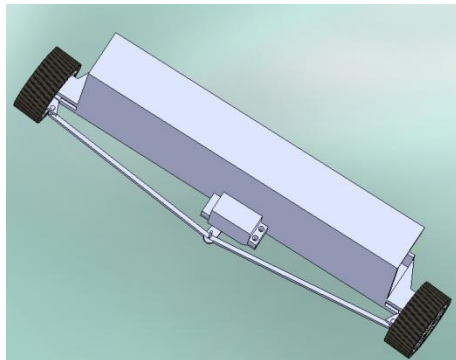
- plus la voie est grande, plus la voiture est stable et plus il est simple de tourner
- plus l'empattement est grand, plus la voiture est stable mais il devient plus difficile de tourner.
- Le centre de gravité du triangle doit correspondre avec celui de la voiture pour un maximum de stabilité
- Notre choix sera donc de prendre la voie la plus large possible ainsi qu'un empattement suffisamment grand pour que la voiture puisse être stable, mais pas trop grand de manière à obtenir un angle de braquage permettant à la voiture de tourner.
- Pour définir les valeurs de la voie et de l'empattement nous avons réalisé une simulation sur solidworks. Les caractéristiques de la voie et de l'empattement que nous avons choisi (400mm pour les deux) permet de tourner sans déraper pour des virages de rayon légèrement supérieur à 2 mètres. Cependant cela n'empêchera pas à la voiture de réaliser un virage de rayon inférieur. L'angle de braquage obtenu définit l'angle des fusées (27°)



Mise en place de la direction

La direction de la voiture est situé à l'avant du véhicule. Elle fonctionne grâce à un servomoteur. Celui-ci actionne le palonnier puis les tiges de direction en carbone. Pour finir celles-ci font tourner les roues à l'aide des fusées de direction.

La pièce supportant toute la direction a également été modélisée sur Solidworks et réalisé en aluminium grâce à une fraiseuse. Elle a été percé pour réduire le poids de la voiture déjà important.

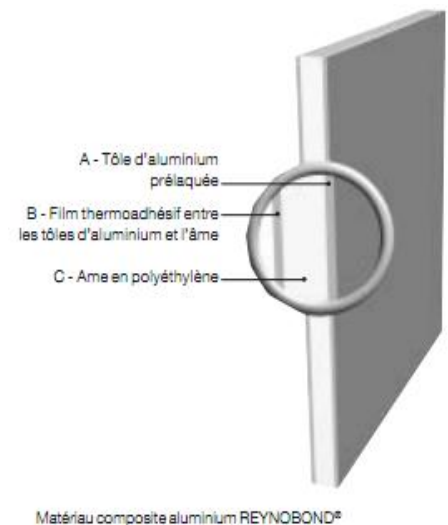


Le châssis

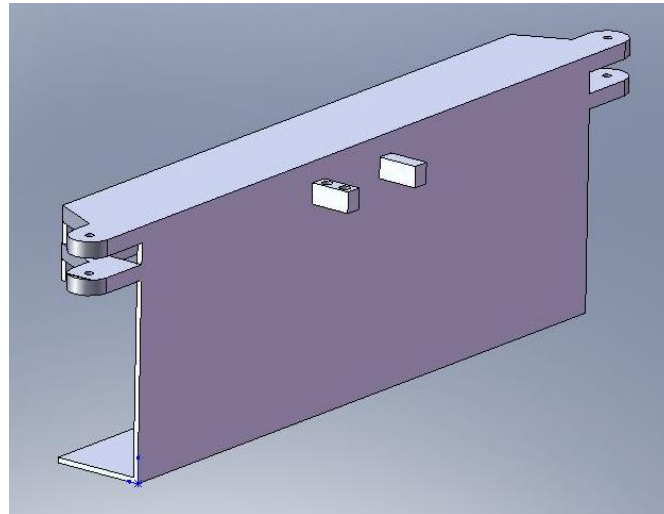
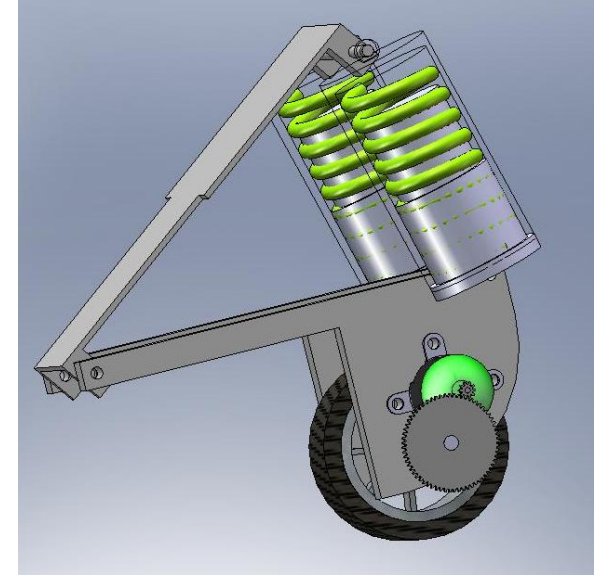
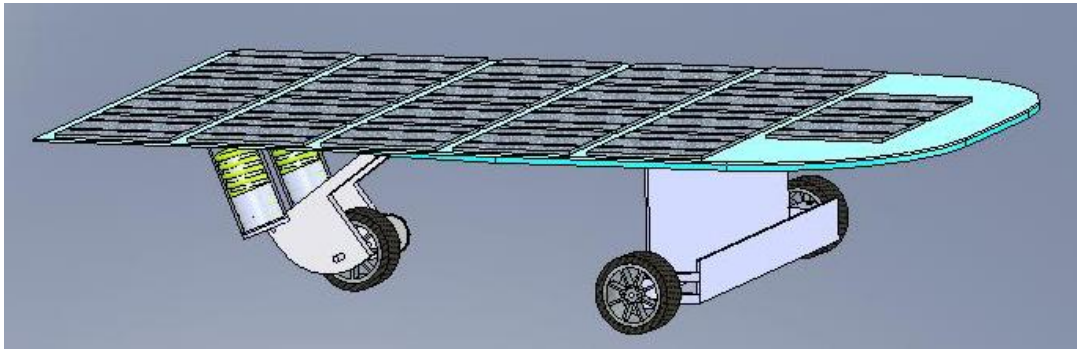
Pour le châssis nous avons utilisé du Reynobond, un matériau léger et résistant sur de longues dimensions, ce qui nous convient parfaitement dans notre cas.

Il s'agit d'une couche de polyéthylène coincée entre deux couches d'aluminium laquées.

Notre châssis a pour dimensions 750mmx450mm et est arrondi à l'arrière pour gagner du poids.



Modélisations Solidworks



La voiture réelle



Dans cette dernière partie nous allons voir les éléments suivants :

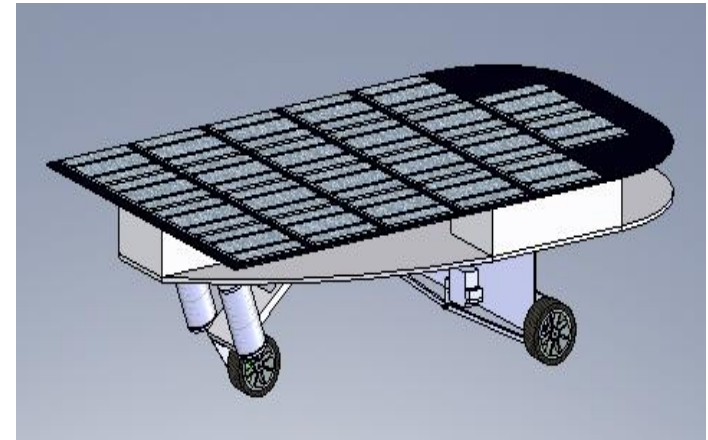
- Construction de la voiture
- Problèmes rencontrés
- Points forts/faibles
- Le concours

Construction de la voiture

Tout d'abord, nous avons commencé par réaliser la voiture sur solidworks pour visualiser les différentes pièces de la voiture, comme le châssis, la direction et la motorisation. Les pièces ont ensuite été usinées par le père de Gaëlle à l'aide d'une fraiseuse.

Avec toutes les pièces en notre possession nous avons tout assemblé et vérifié que les attentes du cahier des charges étaient respectées.

Pour ce qui est des cellules solaires, nous avons préparé la plaque permettant de les fixer dessus puis nous les avons soudés avec du fil solaire pour ensuite les

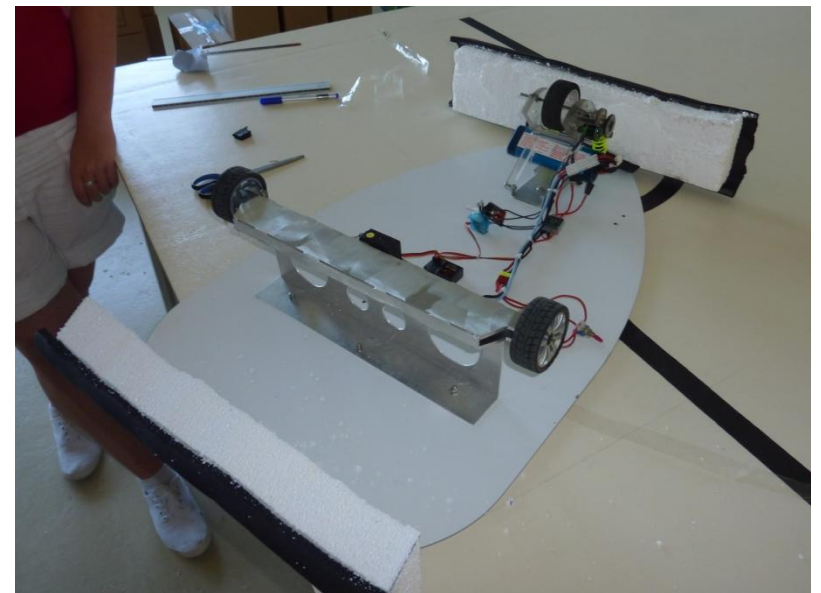
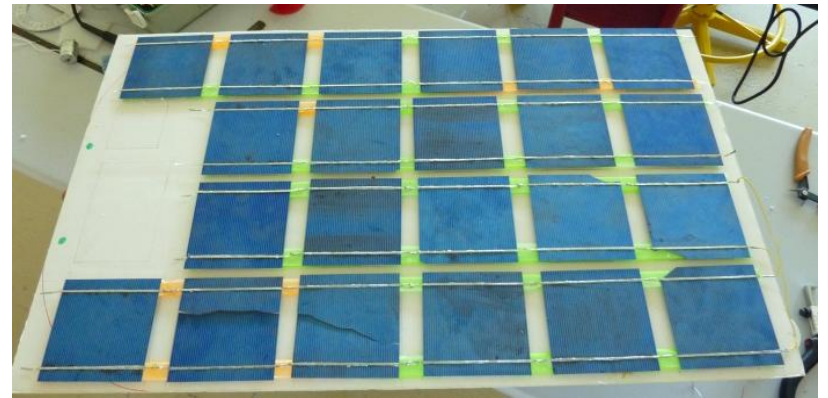


Construction de la voiture

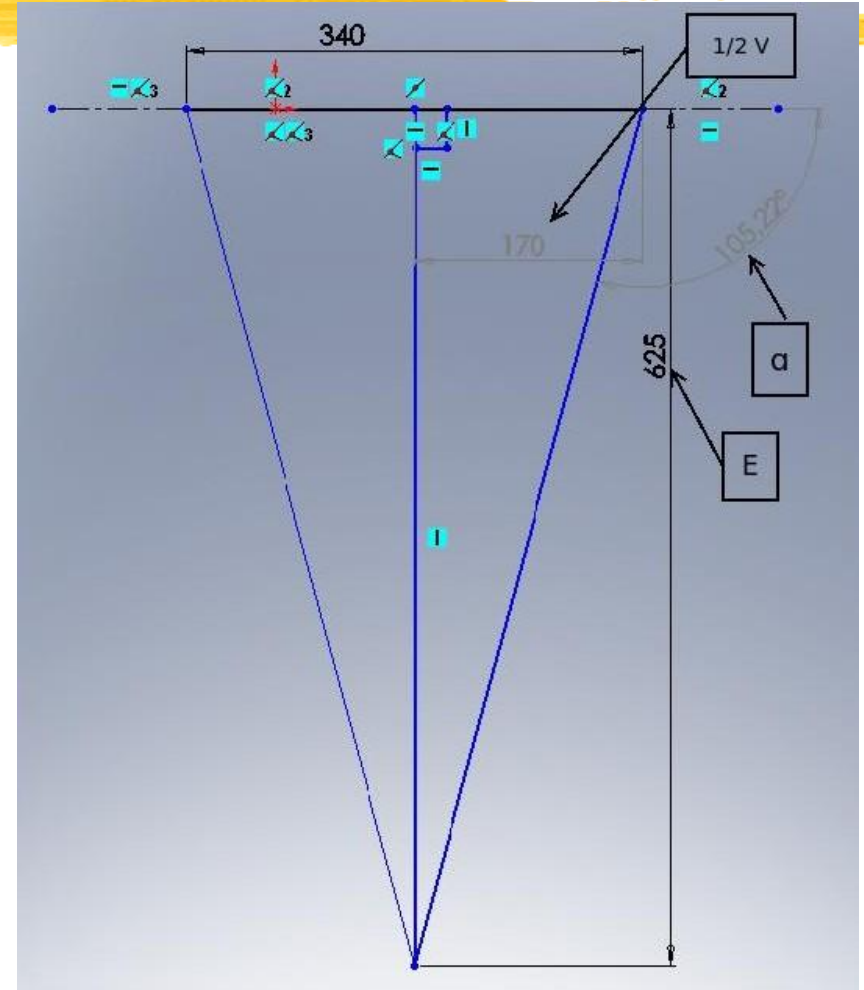
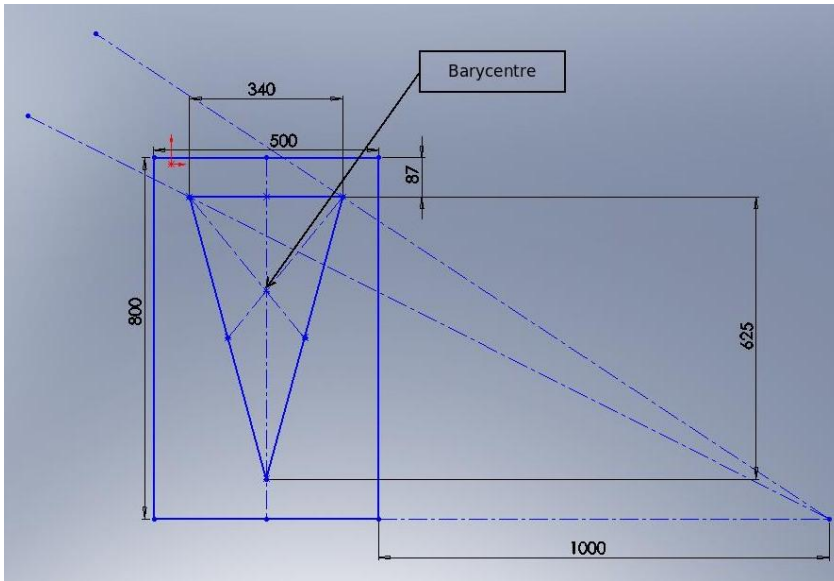
Nous avons également fait un système permettant de maintenir les cellules solaire sur la voiture lorsqu'elle roule.

Nous avons ensuite installé la batterie et tout les petits composant comme le récepteur ou l'interrupteur de sorte qu'ils soient bien positionné pour une meilleur utilisation.

Puis nous avons installé les pare-chocs tout autour de la voiture pour avoir la garde au sol demandé dans le cahier des charges.



Les fusées



Application mathématique

$$\tan \alpha - 90 = \frac{V}{2E}$$

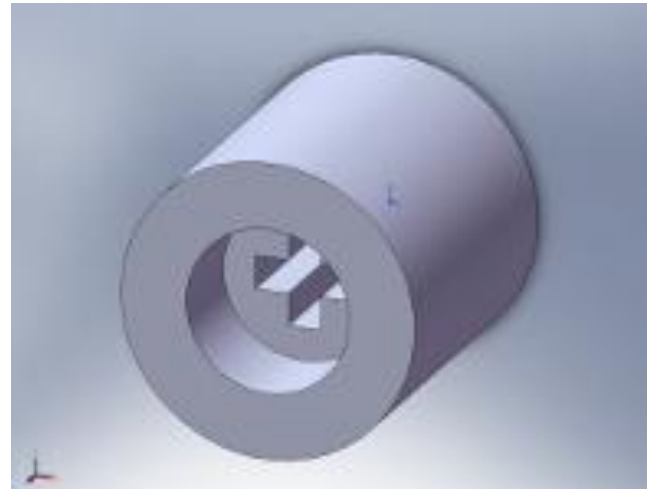
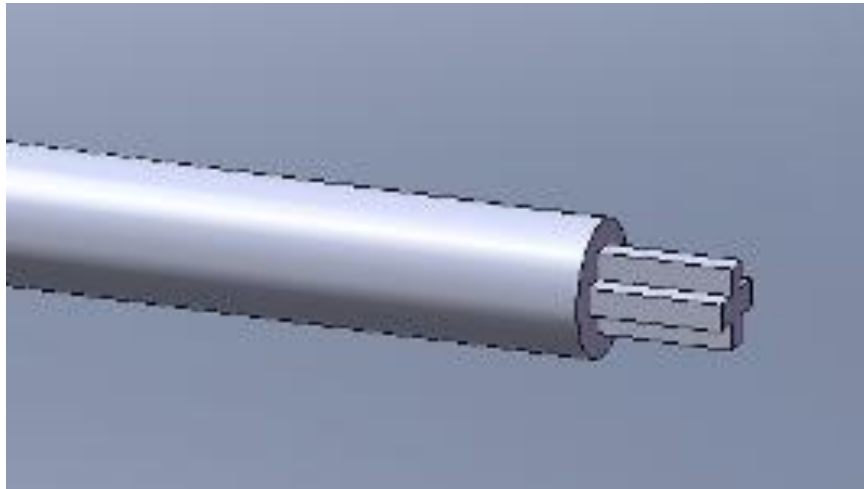
$$\tan \alpha - 90 = \frac{340}{2 \times 625}$$

$$\alpha - 90 = \tan^{-1} \frac{340}{1250}$$

$$\alpha = 15,22 + 90$$

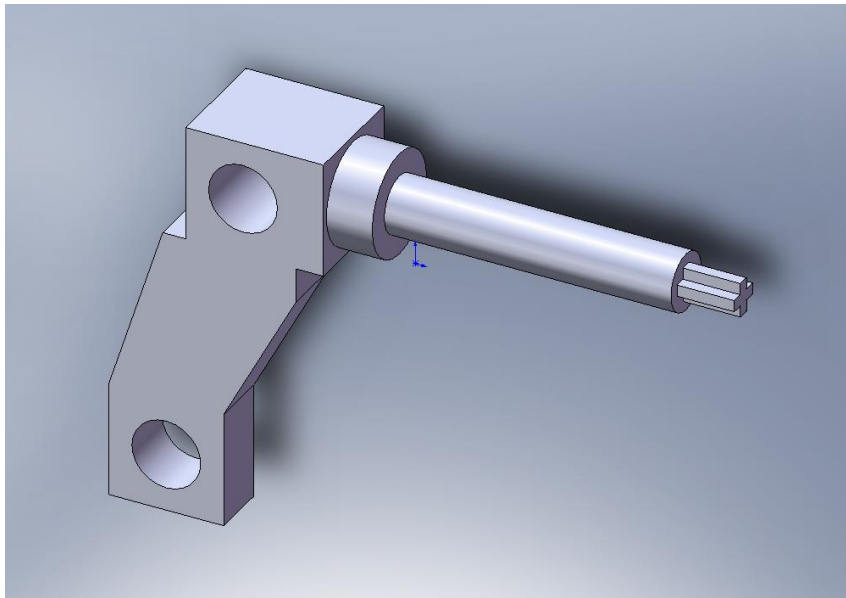
$$\alpha = 105,22^\circ$$

Les fusées

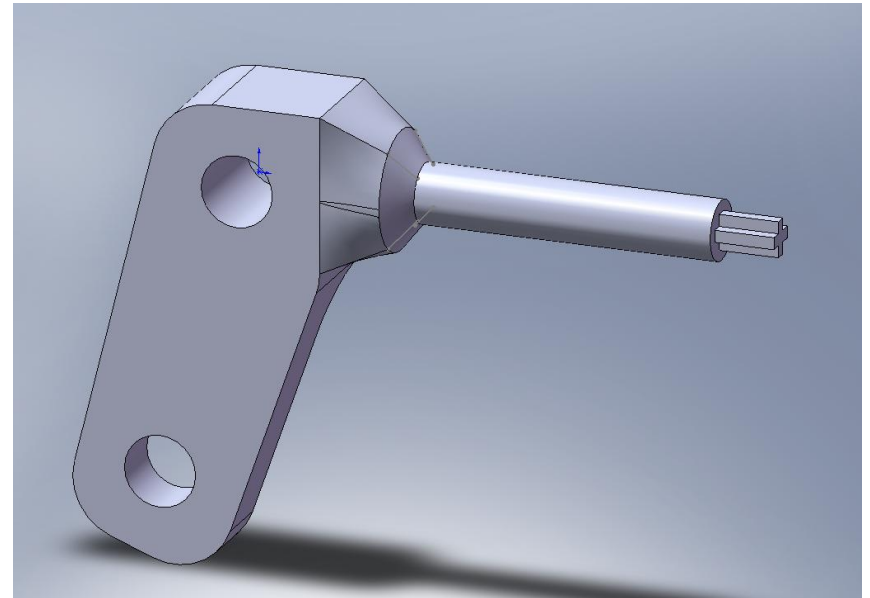


Les fusées

Première version

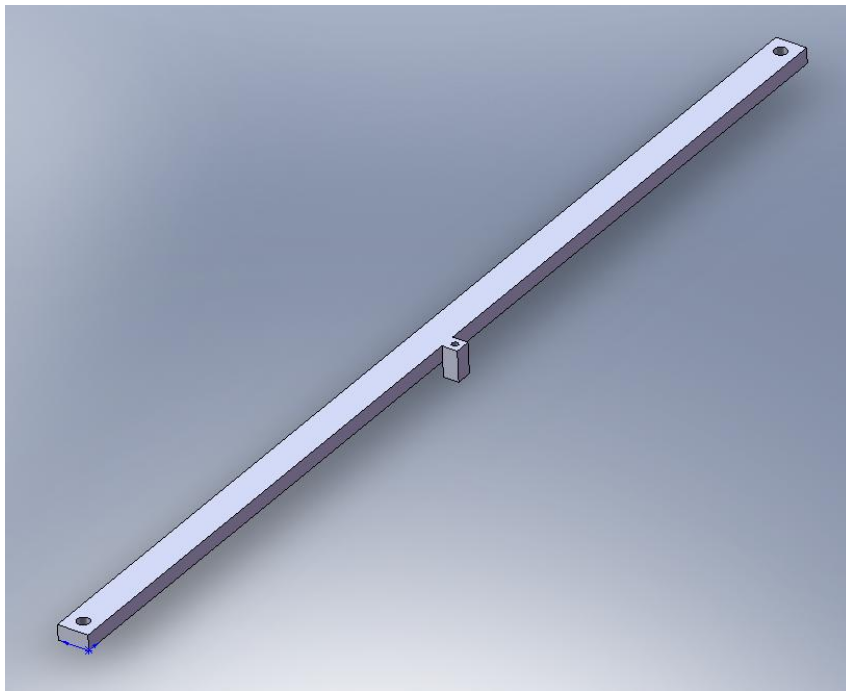


Version finale

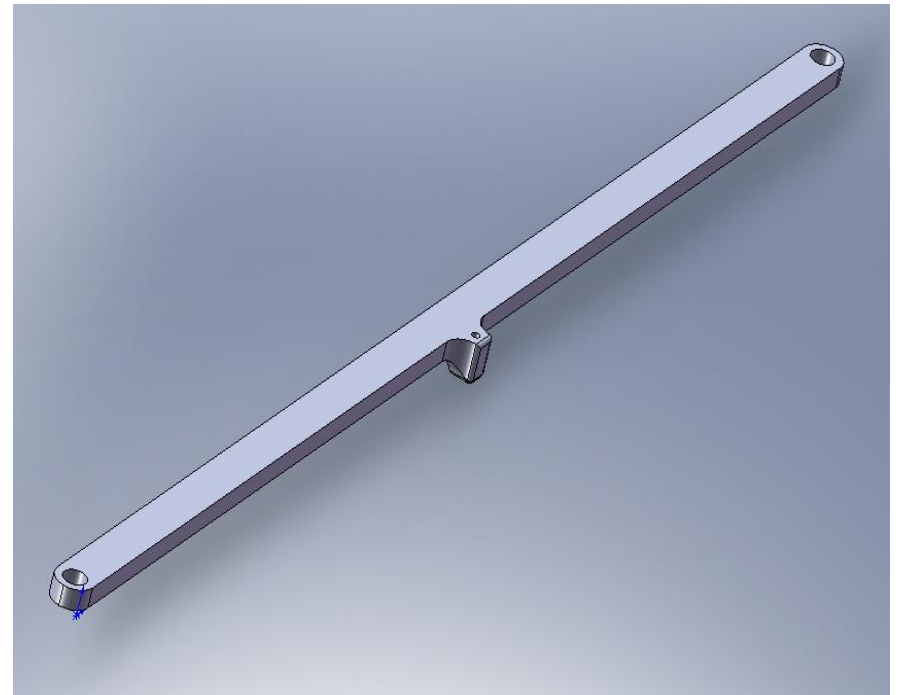


La barre de direction

Première version



Version finale



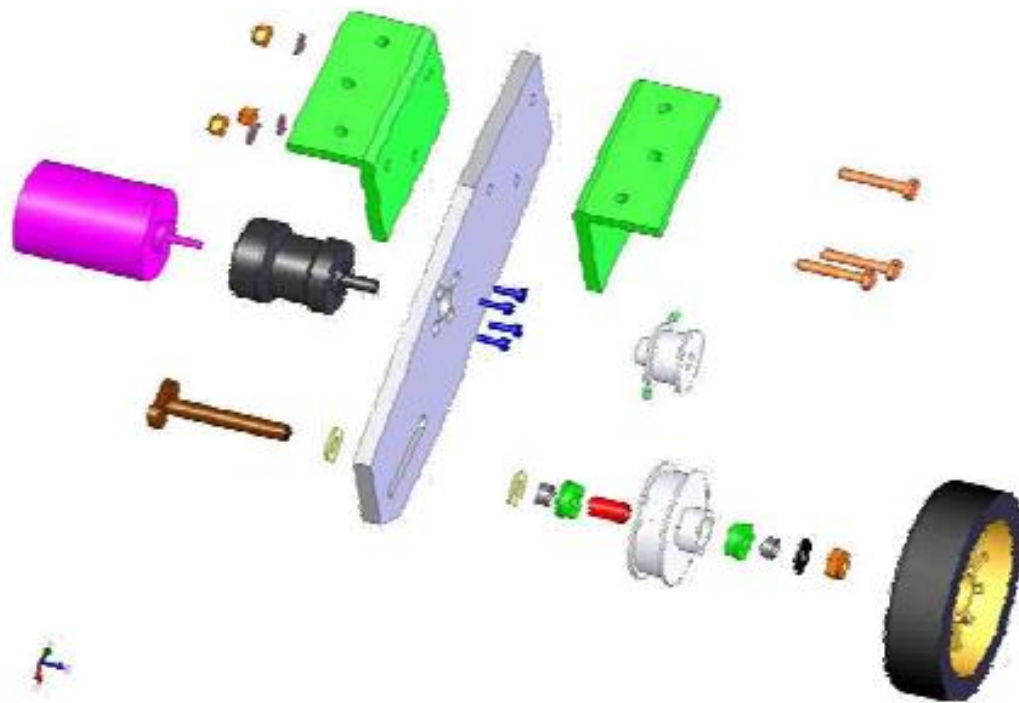
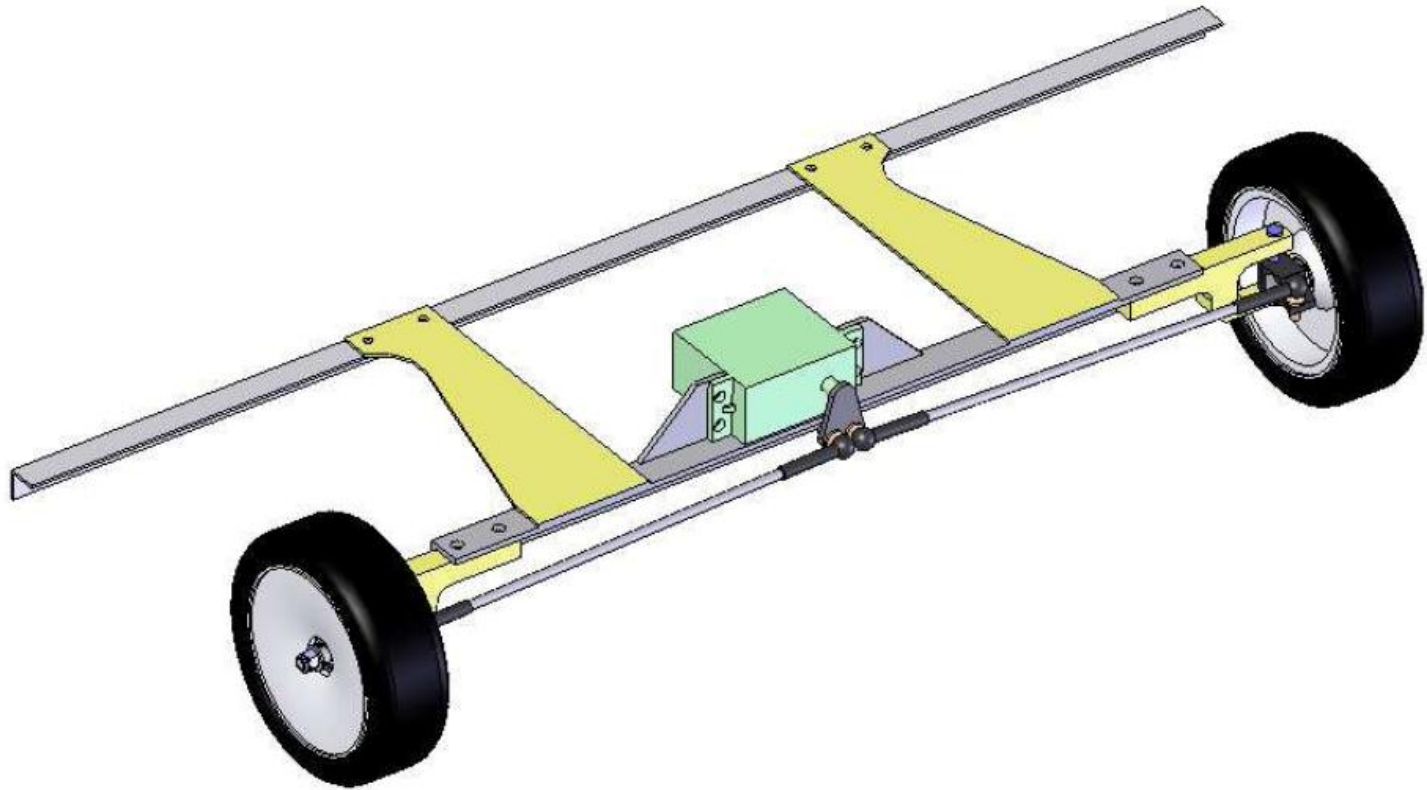
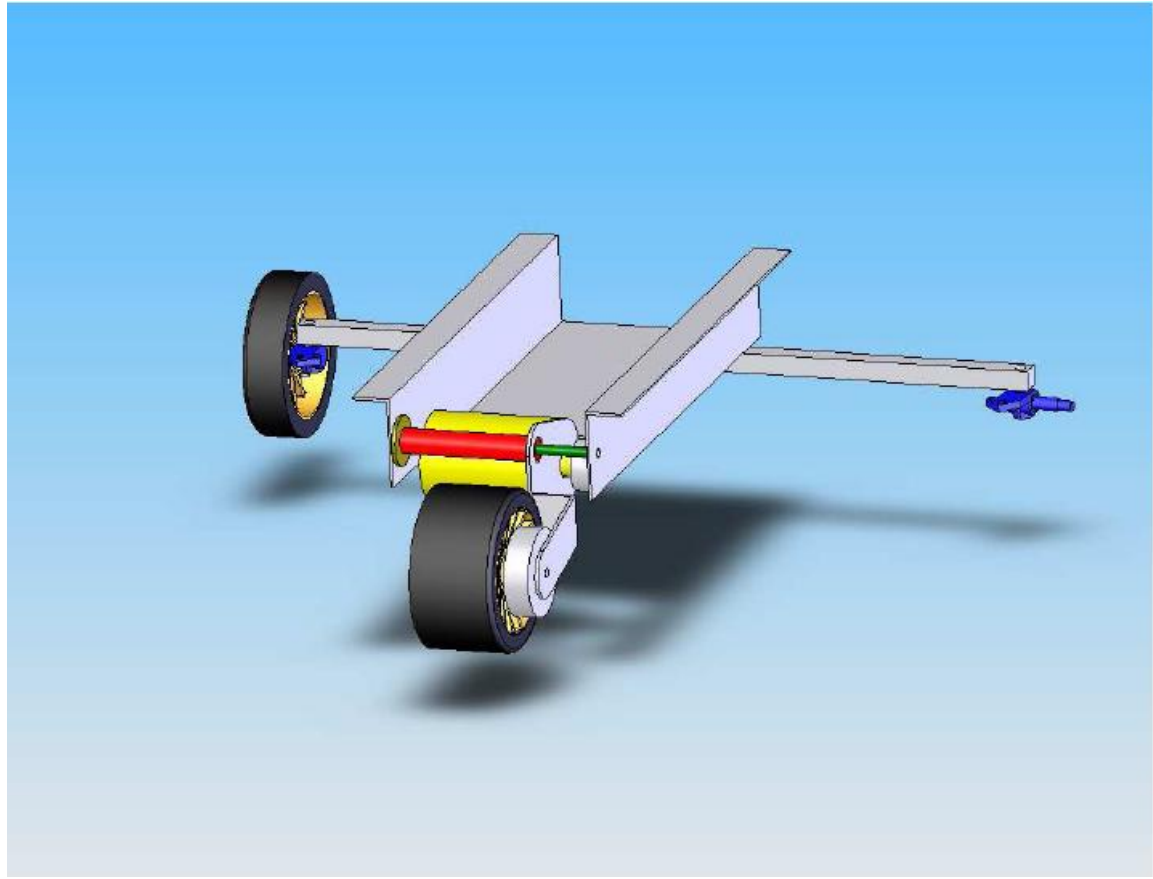


Figure 4 : vue éclatée de la transmission complète





Problèmes rencontrés



Durant la réalisation de notre projet, nous avons dû faire face à un certain nombre de problèmes :

- Budget restreint
- Arrivé des composants en retard
- Soudure des cellules qui a pris du temps
- Casse d'un certain nombre de cellules
- Problème de couple du moteur au démarrage
- Peu d'heure d'allouées à ce projet.

Points forts/faibles



Voici les points forts de notre voiture :

- Angle de braquage important
- Résistante aux chocs et obstacles
- Démarre seule
- Moteur ne chauffant pas
- Respecte le cahier des charges

Et ses points faibles :

- Démarrage lent
- Poids non négligeables au mépris des probabilités
- Vitesse de croisière peu élevée