

# ***DOSSIER TPE : LES AVIONS RADICOMMANDÉS***



# Sommaire

## Partie I : Introduction du TPE

### 1) Présentation de l'Avion Radiocommandé (RC)

- Qu'est ce qu'un avion radiocommandé ?
- Histoire de l'avion RC

### 2) Construction et réglages de l'Avion RC

- La construction
- Le réglage

### 3) Présentation de la problématique et des axes d'études

- Axes d'études
- Problématique

## Partie II : Le moteur de l'avion RC

### 1) Présentation du moteur

### 2) Analyse fonctionnelle

- Bête à cornes
- Diagramme F.A.S.T

### 3) Travail sur le moteur

- Analyse des liaisons
- Sur Inventor



## Partie III : Le Servomoteur ou SERVO

### 1) Présentation du servomoteur

### 2) Analyse fonctionnelle

- Bête à cornes
- diagramme F.A.S.T

### 3) Travail sur le SERVO

- Sur Inventor
- Sur Workbench
- Expérience



## Partie IV : Conclusion et Bibliographie

# Partie I : Introduction du TPE

## 1) Présentation de l'Avion Radiocommandé (RC)

### - Qu'est ce qu'un avion radiocommandé ?

Les avions radiocommandés (RC) sont des modèles réduits pilotés avec une radio (télécommande) qui tient le rôle d'émetteur et un récepteur placé dans l'avion. Ce récepteur reçoit des ordres envoyés par la radiocommande et les transmet aux servomoteurs. Ces derniers se chargent de transformer ses signaux électriques en mouvements qui permettent de changer la position des différents axes de commande (ailerons, gouverne de profondeur, moteur).

### - Histoire de l'avion RC

Les premiers aéronefs que l'on peut considérer comme « radiocommandés » étaient des ballons dirigeables gonflés avec de l'hydrogène qui étaient pilotés grâce à des arcs électriques. Les premiers avions RC à proprement parler furent créés peu après les débuts de l'aviation (dans les années 1920) par le Royal Aircraft Establishment. Ces aéronefs ont évolué en parallèle avec les véritables avions (il est possible de voir des modèles réduits tels qu'un Mirage 2000 ou un A320 sur des terrains d'aéromodélisme).



Image à gauche : Henri Stoff (l'un des ingénieurs de la Royal Aircraft Establishment) et l'un des premiers monoplans RC (le Larynx, un monoplan RC disposant d'un rayon d'action de 160 km muni d'un moteur Lynx créé en 1920).

## 2) Construction et réglages de l'Avion RC

### - La construction

Il existe de nombreux matériaux de construction qui diffèrent d'un avion à l'autre.

- Le Balsa : c'est le matériau le plus utilisé pour la construction d'avions RC grâce à sa très faible densité (0,14 soit 140 kg/m<sup>3</sup>). Ce bois est utilisé pour toutes les pièces du coffrage.

- Le CONTRE-PLAQUE et le HETRE : ce sont les matériaux utilisés pour la construction de la structure de l'avion grâce à sa solidité et son faible poids

- Le DEPRON : Dérivé du polystyrène, on ne peut l'utiliser pour la construction d'avions d'extérieur à cause de son faible poids (sensibilité au vent élevée). On l'utilise donc pour la construction de "parkflyers" (avions d'intérieur).

- l'EPP (Polypropylène Expandible) : il est utilisé pour la construction de planeurs grâce à son faible poids et sa solidité mais ne peut être bricolé (plus adapté pour la réparation ou la modification).

Il est possible d'acheter un avion RC presque entier (monté à 90%) on parle alors de kit, toutes les marques ont leurs kits de modèles d'avions (Kyosho, Graupner ...) mais il est aussi possible d'acheter le plan de fabrication d'un modèle, ce plan est le plus souvent réalisé à l'échelle 1 sur des feuilles d'environ 1m50 sur 1m.

On découpe les pièces en balsa et en dépron à l'aide d'un cutter et, pour les matières plus solides, on utilise une scie à ruban. Une fois que toutes les pièces sont découpées, on assemble avec de la colle à bois, de la colle Cyanoacrylate et, pour les pièces qui vont subir de plus lourdes forces, la colle Araldite (un dérivé de l'époxy).

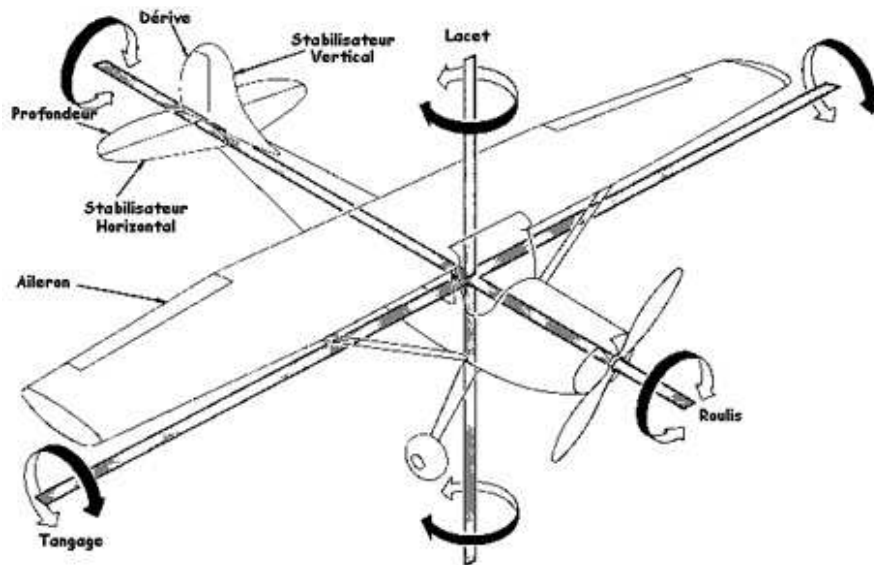
### - Le réglage

Pour régler un avion RC, il faut d'abord savoir où les composants doivent se placer. Le placement du moteur diffère énormément en fonction du type d'avion mais la base est la même quel que soit l'aéronef, la rotation de l'hélice entraîne une force appelée "effet de couple". Cette force a tendance à faire virer l'avion vers la droite. L'effet de l'accélération fait lever le nez de l'avion.

Pour contrer ces deux forces, le moteur est placé avec une inclinaison d'environ 1 degré en bas à gauche. Le récepteur et les servomoteurs se placent au centre de la cellule, le récepteur est entouré de mousse en cas d'accident. Les servos sont placés près du récepteur. L'antenne traverse le bas de l'avion de façon à être mieux exposée aux ondes envoyées par la radiocommande.

Ensuite il faut avoir un bon centrage de l'avion. Cela correspond à la recherche du centre de gravité de l'avion. En effet, un avion mal centré aura tendance à ne pas voler en ligne droite. Il se situe, sur la plupart des avions standard, à l'épaisseur maximale de l'aile sur l'axe de symétrie de l'avion. Pour le régler, on modifie la position de la batterie dans l'avion sur un appareil à centrer jusqu'à ce que l'avion ne bouge plus.

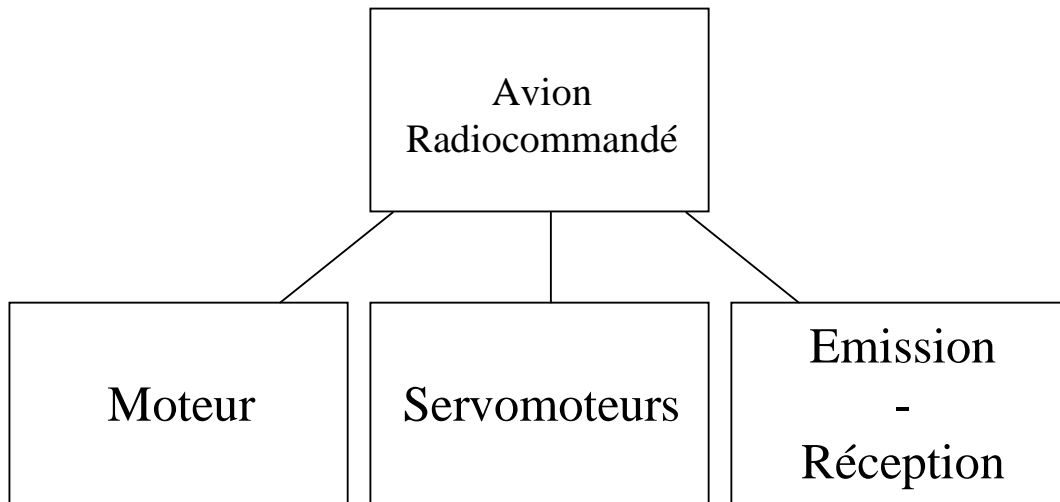
Voici comment on peut trouver le centre de gravité de l'avion



### 3) Présentation de la problématique et des axes d'études

#### - Axes d'études

L'idée de travailler sur l'avion RC nous a été suggérée par Sylvain. En effet, Sylvain possède un avion radiocommandé et nous l'a montré. Nous avons vite remarqué que cela était très intéressant de l'étudier en TPE. Or, dans un avion RC, il y a une foule de composants à étudier qui se répartissent en trois groupes principaux:



### - Problématique

Dans ce TPE, nous ne nous sommes occupés de seulement deux groupes : Le Moteur et les Servomoteurs (l'émission - réception étant prise par un autre groupe de TPE). Puis nous avons recherché une problématique adaptée à notre choix. Cette problématique est donc :

Comment, grâce aux servomoteurs et au moteur, un avion radiocommandé est capable de voler droit en toute sécurité ?

## Partie II : Le moteur de l'avion RC





## 1) Présentation du moteur

Un moteur est une pièce permettant de transformer une énergie chimique ou électrique en énergie mécanique de rotation. Un moteur d'aéromodélisme contient principalement :

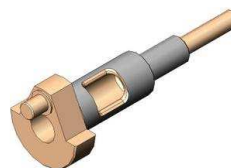
- Un piston →



- Une bielle →



- Un vilebrequin →



- Une chemise →



- Une bougie →



- Un carburateur →



- Un pointeau →



- Un contre pointeau →



Le moteur sert, en général, à actionner l'hélice qui génère le mouvement de l'aéronef. Ici le moteur est thermique ce qui signifie qu'il change une énergie chimique en énergie mécanique de rotation.

De plus, il existe deux types de moteurs thermiques : le moteur à deux temps et celui à quatre temps. Dans notre avion radiocommandé, nous utilisons un moteur thermique à deux temps. Voici comment il fonctionne.

Etape 1 : Piston montant vers le point mort haut PMH.

Au dessus du piston, le mélange « air/essence » est comprimé dans la culasse. Ainsi, on retrouve bien l'étape de compression du moteur 4 temps. Au-dessous du piston, en remontant, il se crée une dépression dans le carter moteur. Le piston va alors dégager la lumière d'admission et grâce à la dépression qui règne alors, le mélange air/essence va pouvoir entrer à l'intérieur du moteur. Ceci correspond à l'étape d'admission du moteur 4 temps.

Etape 2 : Piston descendant vers le point mort bas PMB

Au-dessus du piston, la bougie émet l'étincelle, l'inflammation du gaz se fait. La pression augmente et le piston est poussé vers le bas. C'est la détente. Arrivé au point le plus bas, le piston dégage la lumière d'échappement et les gaz d'échappement vont être poussés par le mélange frais qui arrive par la lumière de transfert découverte peu après la lumière d'échappement. Cette étape est appelée le balayage. Ainsi, la détente et l'échappement dans un moteur deux temps s'effectue dans le même temps.

Ainsi on voit bien qu'un moteur 2 temps effectue un cycle en effectuant un aller et un retour de piston soit un tour de vilebrequin.

Les moteurs 2 temps ont de nombreux avantages mais aussi des inconvénients par rapport aux moteurs 4 temps :

Avantages :

- Nombre réduit de pièces en mouvement.
- Souplesse et possibilité de surrégime éventuel sans dégât.
- Compacité du moteur.
- Poids réduit.
- Facilité de démarrage à froid.
- Simplicité et diminution des entretiens.
- Moteur tout indiqué pour les petites cylindrées.
- Moyennant une alimentation adaptée, il peut fonctionner dans toutes les positions.

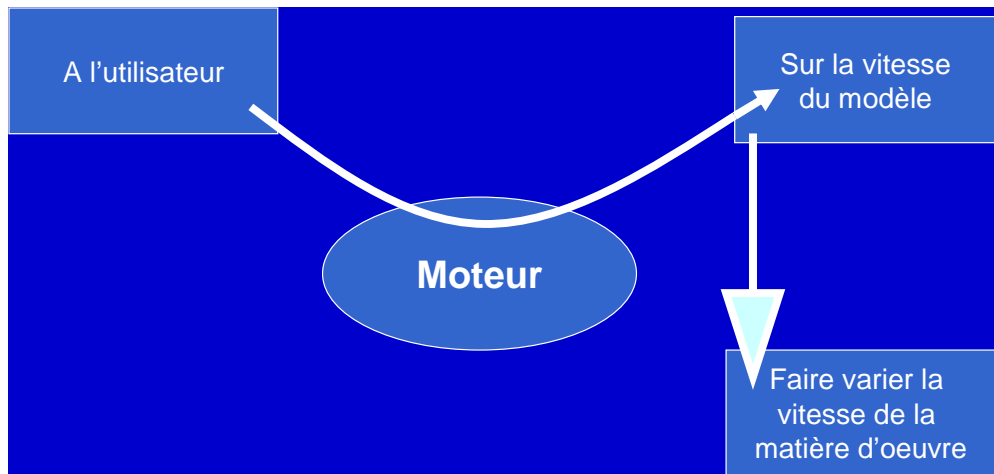


Inconvénients :

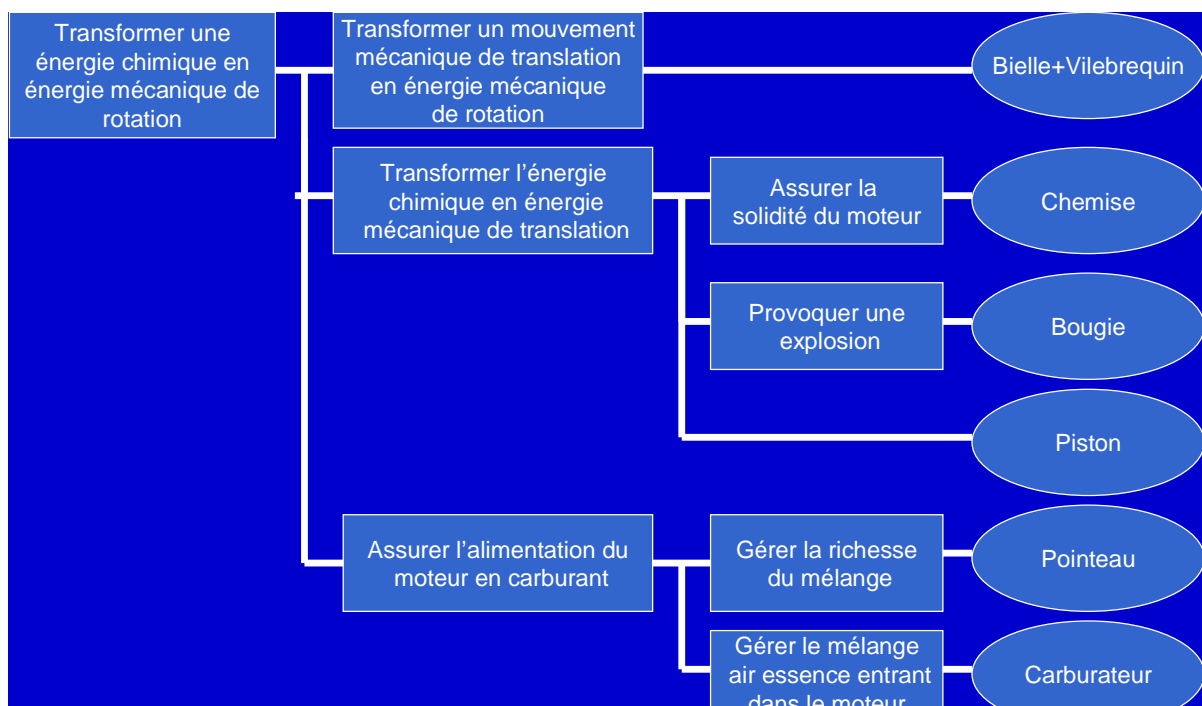
- Consommation élevée.
- Ralenti irrégulier.
- Ajout d'huile lors de chaque ravitaillement.
- Compatibilité difficile avec les nouvelles normes anti-pollution.
- Fumée bleuâtre à l'échappement.
- Absence de frein moteur

## 2) Analyse fonctionnelle

### - Bête à cornes



### - Diagramme F.A.S.T



### 3) Travail sur le moteur

#### - Analyse des liaisons

Nous avons travaillé sur une partie précise du moteur (à notre avis, la partie la plus intéressante du moteur), c'est à dire l'ensemble « chemise – piston – bielle - vilebrequin ». C'est là où réside l'essentiel du moteur de l'avion RC. Pour commencer, nous avons observé, avant de faire le travail sur le logiciel Inventor (travail qui vous sera montré dans les pages suivantes), comment les pièces étaient reliées entre elles. Par conséquent, nous avons recherché les classes d'équivalence, le tableau des liaisons et le schéma cinématique. Quatre classes d'équivalence ont été trouvées.

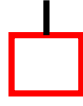
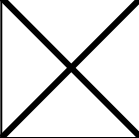


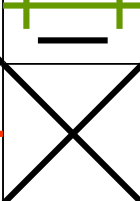
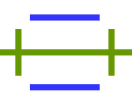
A { Chemise }

B { Piston }

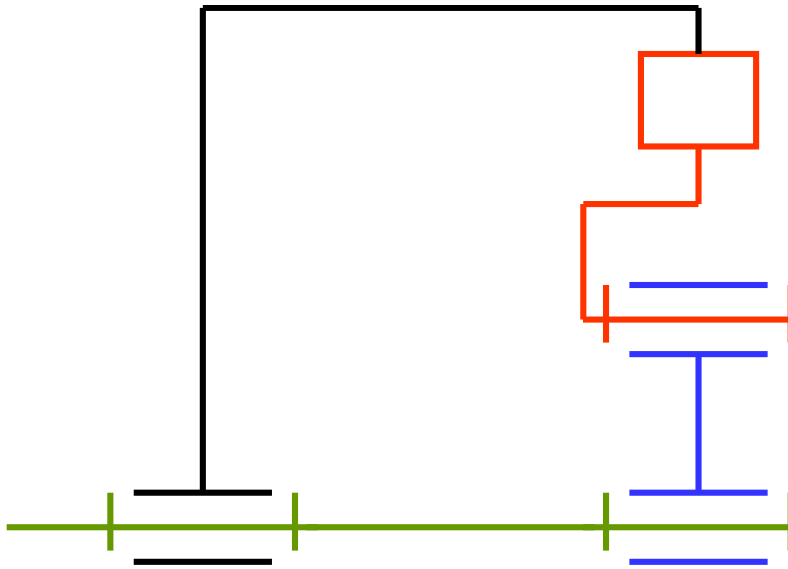
C { Bielle }

D { Vilebrequin }

Puis nous avons créé le tableau des liaisons

A	B	C	D	
				A
				B
				C
				D

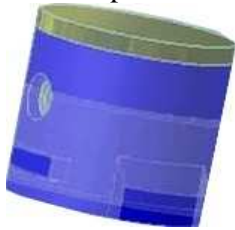
Enfin nous avons dessiné le schéma cinématique.



## - Sur Inventor

Maintenant que nous savons comment les pièces doivent être placées, nous pouvons réaliser le travail sur Autodesk Inventor. Nous allons vous le montrer en plusieurs étapes.

Etape 1 : Création du piston et de son chapeau.



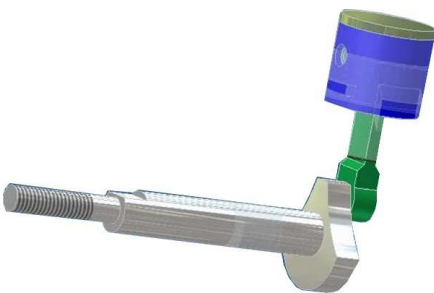
Etape 2 : Création du vilebrequin



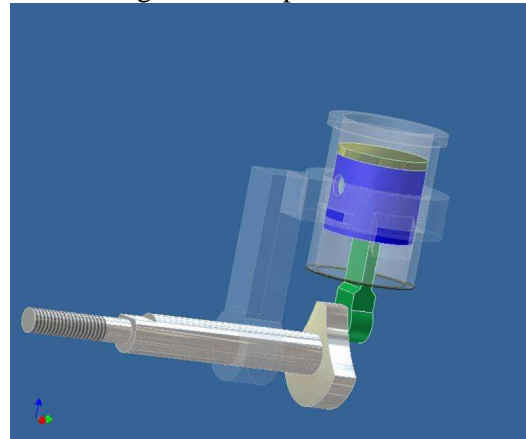
Etape 3 : Création de la bielle



Etape 4 : Assemblage des trois pièces précédentes



Etape 5 : Création de la chemise (transparent), du joint (noir). Assemblage final des pièces



## Partie III : Le Servomoteur ou SERVO



### 1) Présentation du servomoteur

En modélisme, un servomoteur est souvent appelé servo. C'est un ensemble mécanique et électronique comprenant :

- un moteur à courant continu de très petite taille. →



- un réducteur en sortie de ce moteur diminuant la vitesse mais augmentant le couple. →



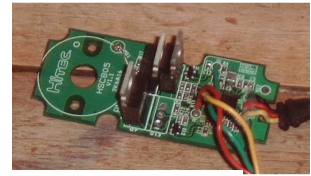
- un potentiomètre (faisant fonction de diviseur résistif) qui génère une tension variable proportionnelle à l'angle de l'axe de sortie. →



- une série d'engrenages servant à faire passer le mouvement du réducteur au potentiomètre.



- un dispositif électronique d'asservissement.



- un palonnier dépassant hors du boîtier avec différents bras ou roues de fixation.



- trois fils conducteurs (positif, négatif, neutre) enroulés.



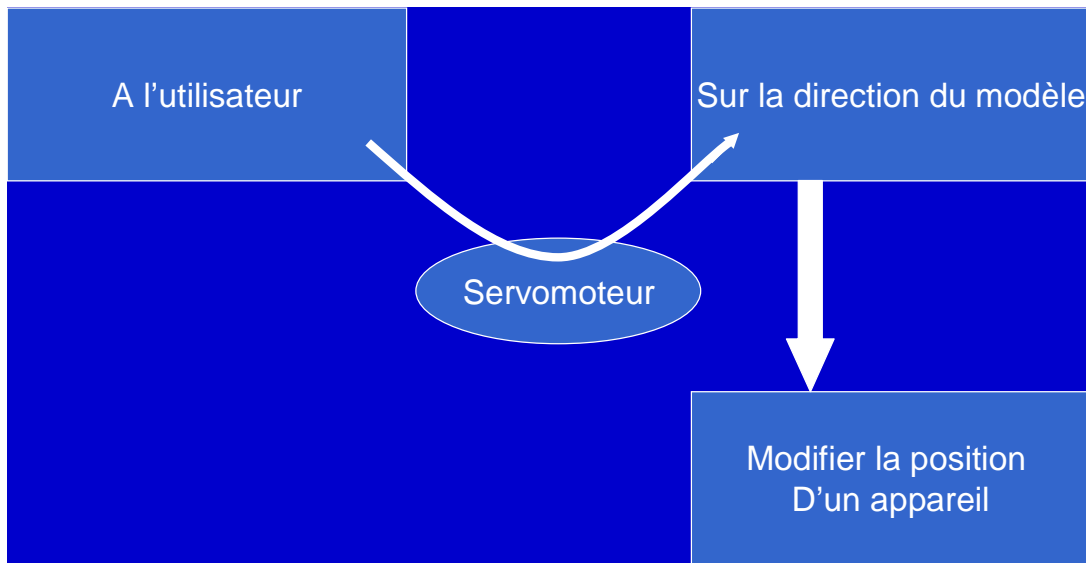
Un servo est un dispositif électronique très ingénieux. Il est commandé par un câble électrique à trois fils qui alimente le moteur et lui transmet des ordres de position sous forme d'un signal par impulsions. Le rôle de la carte électronique est de commander le moteur pour que la position de l'axe de sortie soit conforme à la consigne reçue : c'est un asservissement. Les servos servent à actionner les parties mobiles du modèle : ailerons, volets et trains pour les avions, contrôle de direction dans le cas de modélisme automobile... À cette fin, les moteurs sont donc asservis et obéissent à une commande externe, généralement transmise par les ondes de la radiocommande. Dans un avion radiocommandé, il n'y a pas qu'un seul servomoteur. En effet aucun servo n'est capable de commander deux à trois parties de l'avion. Ce serait une technique beaucoup plus sophistiquée que celle du servo (la commande de celui-ci étant déjà assez compliquée). C'est pour cela qu'un avion RC est doté de plusieurs servomoteurs, en général deux ou trois. Ce qui explique également le nombre de boutons, de manettes et de réglages sur la radiocommande.

Enfin, les réglages des servomoteurs sont une partie importante de l'ajustement de l'avion. Pour que celui-ci vole droit, il faut faire varier les servos après avoir centré l'aéronef.

## 2) Analyse fonctionnelle

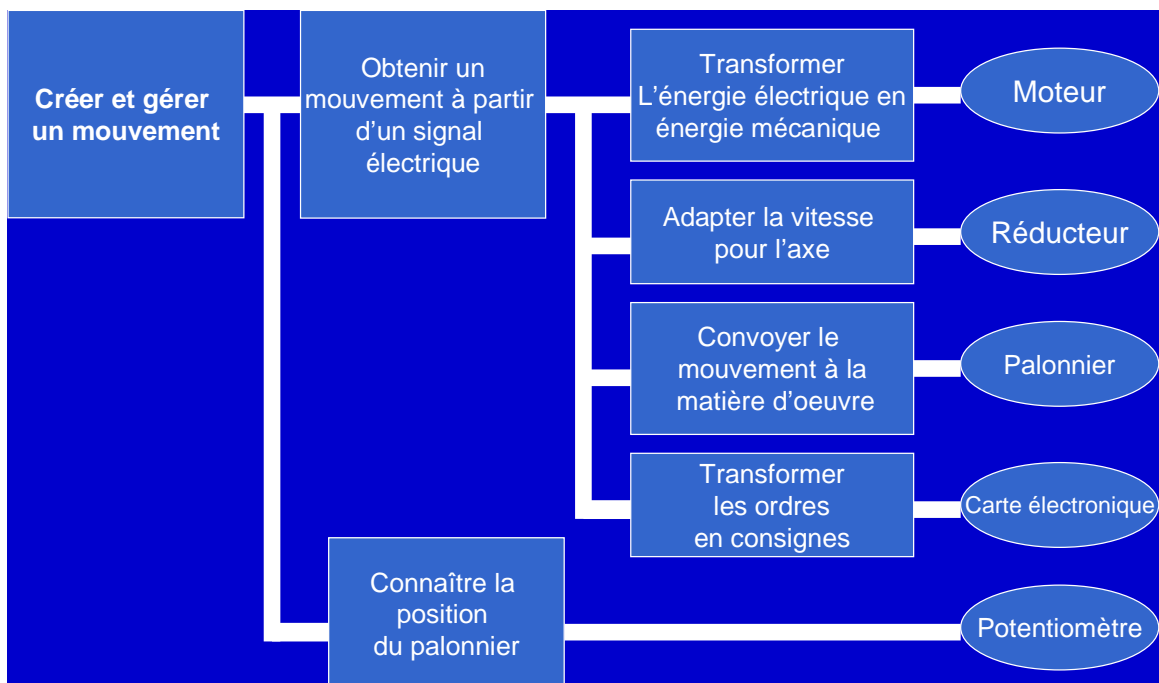
### - Bête à cornes

Tout comme le moteur, nous avons fait une analyse fonctionnelle précise du servomoteur. Nous commençons par le général : le diagramme Bête à cornes.



### - diagramme F.A.S.T

Puis nous avons recherché le diagramme FAST.



### 3) Travail sur le SERVO

#### - Sur Inventor

Nous n'avons pas étudié le servomoteur dans son intégralité sur Autodesk Inventor. En effet nous n'avons pas dessiné l'ensemble électronique (carte électronique, potentiomètre, moteur et réducteur). Cela nous a paru peu essentiel à ce stade, la partie électronique sera étudiée plus tard sur Workbench et dans l'expérience.

De plus, notre étude s'est restreinte au déplacement des engrenages. C'est un ensemble mécanique très intéressant et surtout d'une complexité à réaliser. Ce travail a été long avec de nombreuses étapes. Certaines seront regroupées afin de ne pas alourdir le travail.

Etape 1 : Création du premier engrenage



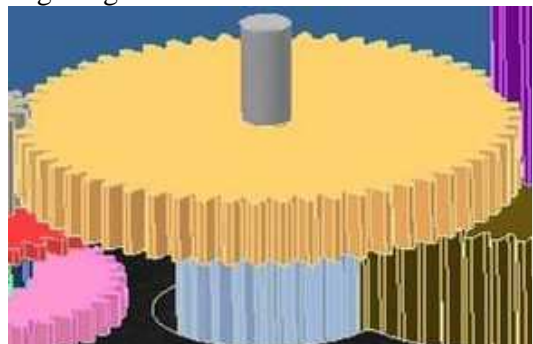
Etape 2 : Création du second engrenage et de l'axe « engrenage 1,2 »



Etape 3 : Création du troisième engrenage et de l'axe engrenage 3



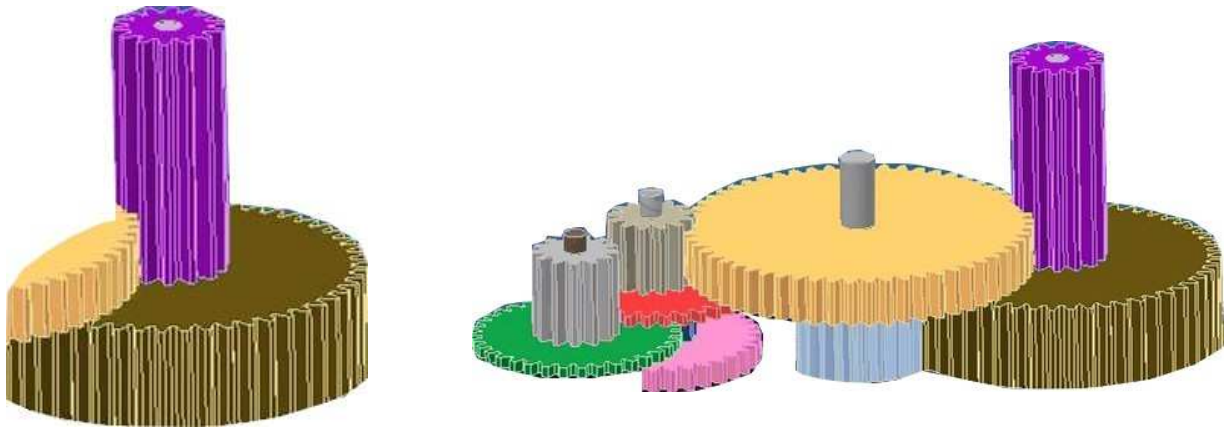
Etape 4 : Création du quatrième engrenage et de son axe



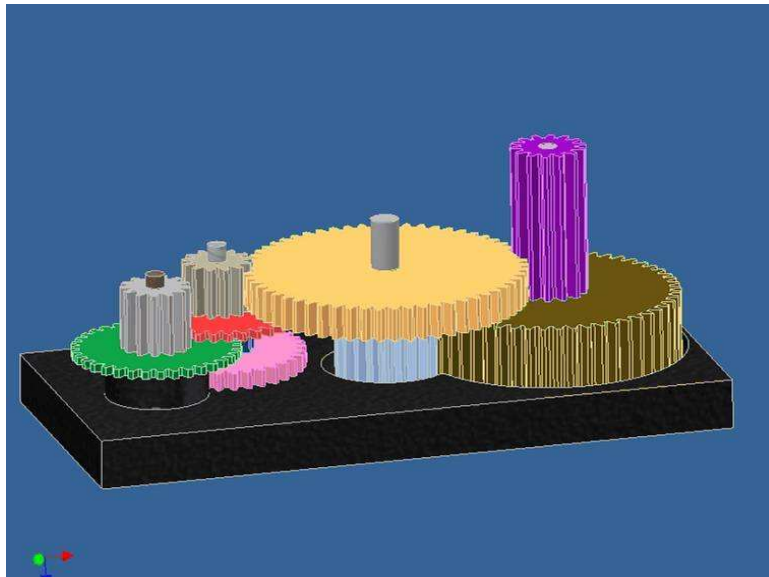


Etape 5 : Création du dernier engrenage et son axe

Etape 6 : Assemblage de tous les engrenages ensemble



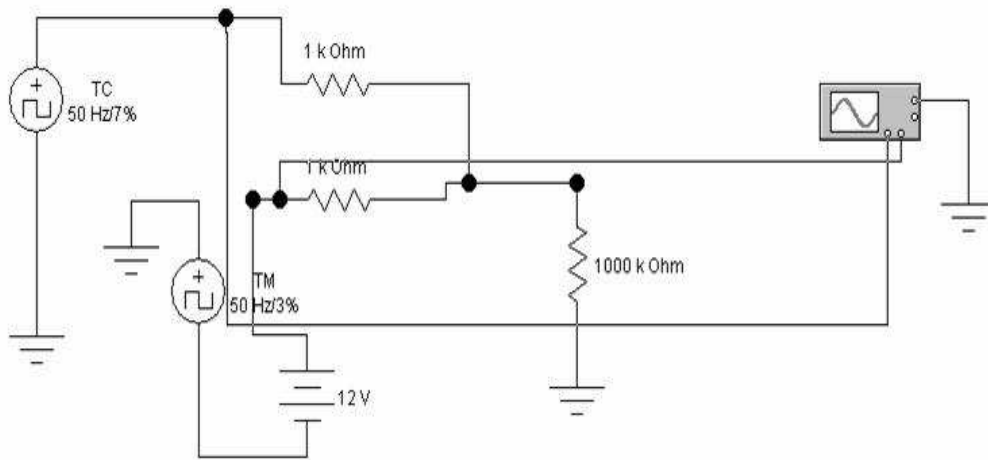
Etape 7 : création du socle, assemblage des engrenages sur le socle et positionnement des contraintes pour que les engrenages tournent tous ensemble.



## - Sur Workbench

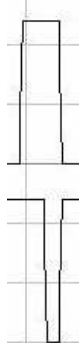
Après avoir travaillé sur les engrenages sur Inventor, nous allons nous intéresser à la simulation d'un montage simple, à savoir la "fabrication" par l'électronique interne, c'est-à-dire la carte électronique du servomoteur, d'un signal de commande du moteur (positif, nul ou négatif) en fonction de TC (consigne envoyée au servomoteur) et de TM (signal "image" de la position actuelle du servomoteur). Pour modifier TC, on change son rapport cyclique.

Voir montage page suivante

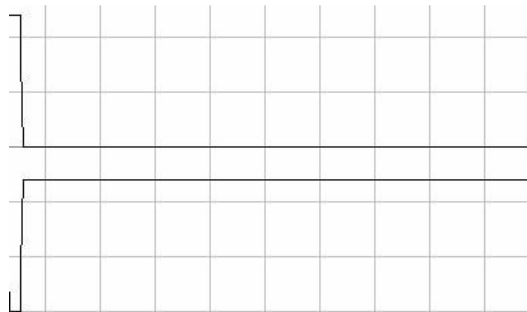


Sur l'oscilloscope, deux cas se distinguent :

TM et TC sont identiques : dans ce cas la sortie du montage est égale à ZERO. Cela veut dire qu'il n'y a pas de commande de moteur.



TC et TM sont différents : dans ce cas la sortie du montage est égale à UN. Un signal de commande du moteur est "fabriqué" par la carte électronique du servomoteur.



Remarque : c'est un montage simplifié destiné à expliquer le principe. Comme nous l'avons précisé dans l'introduction sur le servo, le montage réel est plus compliqué.

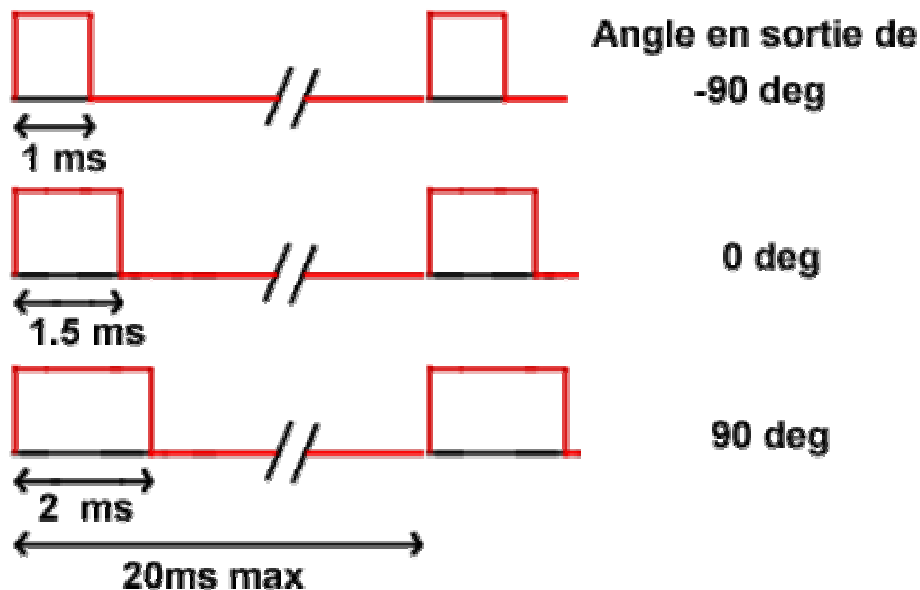
## - Expérience

Elle consiste à vérifier le fonctionnement du servomoteur et à montrer que le servomoteur est capable non seulement de créer un mouvement mais aussi de le gérer en faisant varier le rapport cyclique. Ce qui va nous prouver le test sur Electronics Workbench.

Pour cette expérience, le matériel utilisé sera :

- un servomoteur (c'est là que l'expérience se porte)
- un oscilloscope (qui montrera la courbe rectangulaire que le rapport cyclique va créer par sa variation)
- un générateur (qui alimentera le servomoteur)
- un G.B.F (qui produira un signal du rapport cyclique qui variera à notre demande)
- des fils de connexion.

En résumé, il faut fournir au servo une impulsion à 1 (suivie d'un retour à 0). Et le servo va prendre en compte la largeur temporelle de cette impulsion, qu'il va convertir proportionnellement (ou presque) en un angle. Le retour à 0 de l'impulsion peut avoir n'importe quelle durée. En pratique, il semblerait qu'il ne faille pas dépasser un temps de 20ms entre deux fronts montants.



Nous pouvons noter aussi que ce système présente un avantage. En effet, une absence de signal (toujours à 1 ou toujours à 0) laisse le servo en "roue libre" comme s'il n'était pas alimenté.

## Partie IV : Conclusion

Un avion radiocommandé est capable de voler grâce à son moteur. On privilégiera le moteur thermique plutôt qu'électrique (meilleure puissance pour faire tourner l'appareil).

Mais, pour voler droit et se maintenir en sustentation, un avion RC a besoin également de servomoteurs. Une onde est transmise par la radiocommande et arrive à l'un des servos. Celui-ci envoie un ordre précis et cet ordre est asservi (cf. : Workbench et Expérience).

Ce TPE a permis d'apporter à nos nombreuses questions des réponses, certaines inattendues, d'autres donnant des précisions sur nos pré-requis.

En effet, un avion radiocommandé est en réalité un engin beaucoup plus complexe qu'à première vue. Si, pour un passionné du modélisme, faire voler un avion est simple à comprendre, la pratique est beaucoup plus difficile que la théorie. Faire « décoller » un avion, est une tâche relativement aisée, même pour un débutant. Mais le faire voler droit et surtout le maintenir en l'air demande à son « pilote » des connaissances et une maîtrise de tous les éléments, qu'ils soient naturels, mécaniques ou électroniques.

Nous espérons que ce dossier pourra être utile à de nombreux amateurs mais aussi à des passionnés d'aéromodélisme qui voudront connaître la conception d'un avion RC, sa configuration parfois difficile et fastidieuse (centrage, calibrage, réglage des servos, du moteur, de la radiocommande, ...), sans oublier son historique.

## Bibliographie

Pour les documents :

<http://www.planete-sciences.org/robot/wikibot/>

<http://www.wikipédia.org>

<http://www.mrcmodelisme.com>

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

<http://forum.modelisme.com>

Pour les images :

<http://mt-modelisme.o-commerces.com>

<http://le-modelisme-et-lamcs.skynetblogs.be>

<http://www.planete-sciences.org/robot/wikibot/>

<http://www.caponweb.be>

<http://www.arcane-modelisme.com>

Toutes les images ont été retravaillées avec le logiciel [Photofiltre](#).