



LES PRINCIPES DE LA RADIOCOMMANDE POUR MODELE REDUIT

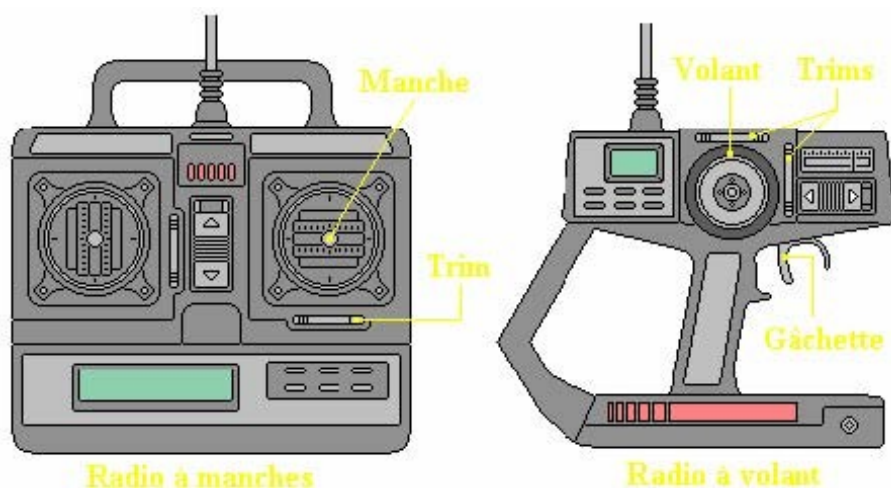
Signaux échangés, codage, décodage, émission, réception, actionneurs

Initialement dérivées de celles développées pour l'aéromodélisme, les radiocommandes de voitures actuelles sont conçues spécifiquement pour cet usage. L'ensemble comprend 3 parties distinctes: le boîtier d'émission, le boîtier de réception, le (ou les) servo(s).

Le boîtier d'émission (souvent appelé émetteur) : Il existe principalement deux catégories : les émetteurs à manches et les émetteurs à volant (voir ci-dessous).

Ce sont normalement des émetteurs à 3 voies : une pour commander la direction, l'autre pour le variateur de vitesse et le troisième pour le réglage de la boîte à vitesse. Deux systèmes de réglage, baptisés TRIM, permettent d'ajuster la position neutre des deux premières voies. On trouve aussi souvent des commutateurs pour inverser leur sens, c'est en général les seuls réglages sur les radios d'entrée de gamme.

Il existe des radios avec une multitude d'autres réglages possibles, destinées à la compétition : réglage du débattement de direction, réponse exponentielle du servo de direction, réglage de la puissance de freinage (utile surtout en thermique) et bien d'autres encore... Les radios les plus modernes disposent d'un affichage LCD avec des menus déroulants pour les programmer.



L'émission se fait en modulation d'amplitude (AM) sur les modèles bas de gamme, ou en modulation de fréquence (FM) dans la bande des 26 MHz, 41 MHz ou 72 MHz (les seules qui soient autorisées en voiture RC : Radio-Commandé). Bien sûr, lors d'une course, chaque voiture doit utiliser une fréquence différente des autres (on la modifie par échange des quartz de l'émetteur et du récepteur ou par programmation).

Le boîtier de réception (souvent appelé récepteur) :

C'est un simple boîtier installé à bord de la voiture, qui reçoit et interprète les ordres émis par l'émetteur. En électrique, il est généralement alimenté directement par la batterie de propulsion.

Remarque : Pourquoi module-t-on un signal ?

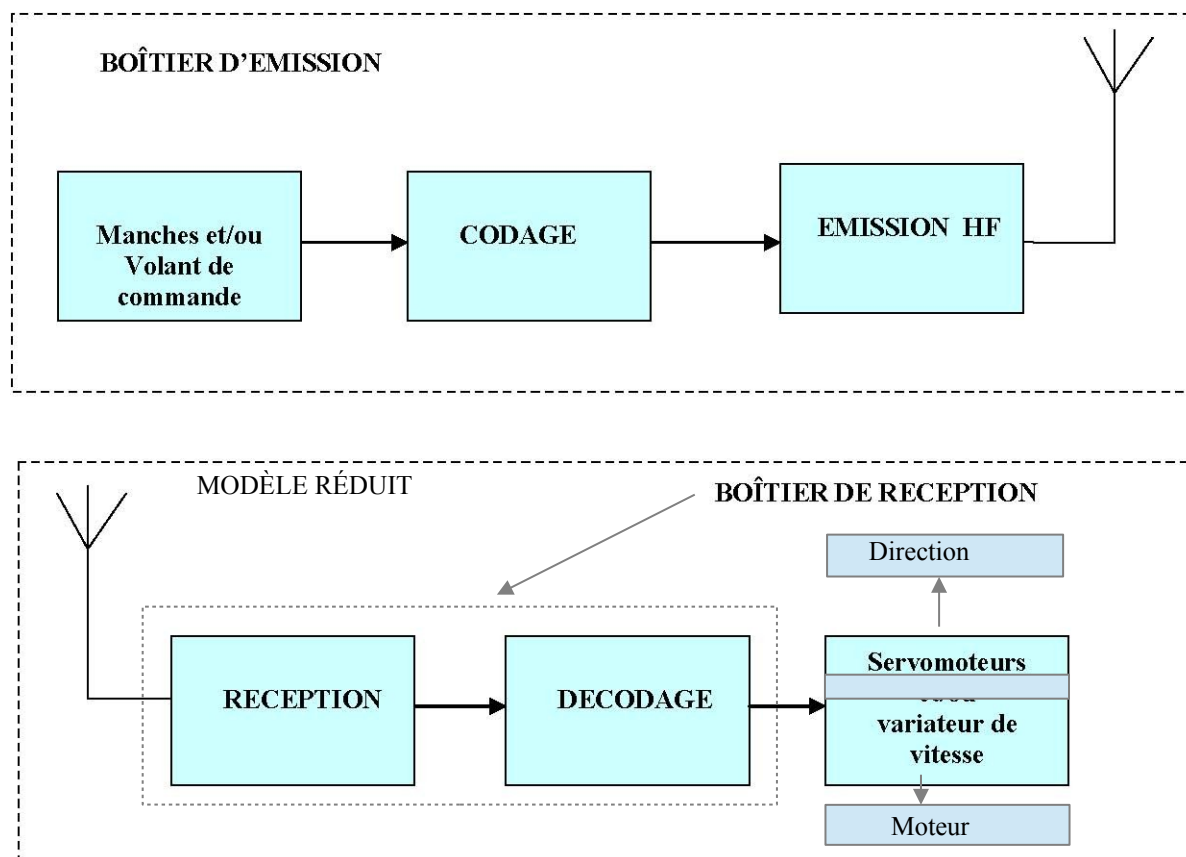
La réception d'un signal nécessite des antennes dont les dimensions dépendent de la longueur d'onde du signal (en général de l'ordre de $\lambda / 2$). Un signal haute fréquence HF sera facilement transmissible (H.F correspond à des fréquences supérieures à 100 MHz), soit des longueurs d'onde $\lambda = c / F$ donc $L < 3 \cdot 10^8 / 10^8 = 3\text{m}$; soit une antenne de



longueur inférieure à 3m.

Par contre , pour les signaux B.F (f de l'ordre de 20 Hz) la longueur d'onde sera beaucoup plus grande et cela nécessiterait des antennes démesurées et le signal serait rapidement atténué. Exemple : Pour $f = 10$ Hz, $L = 3.10^4$ m soit une antenne de 15 km. Le but de la modulation est de traduire le spectre d'un signal B.F (sons, musique , parole) vers les H.F pour pouvoir le transmettre facilement par voie hertzienne. La radio , la télévision , les lignes téléphoniques ou la radiocommande de modèle réduit utilisent le procédé de modulation. Le signal H.F est appelé PORTEUSE . Le signal B.F est appelé **SIGNAL MODULANT** .

CONSTITUTION D'UN BOÎTIER D'EMISSION ET DE RECEPTION

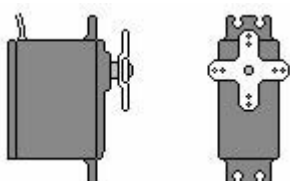


LES ACTIONNEURS

Les servomécanismes :

On les appelle généralement les " servos ". Ce sont les systèmes qui transforment les ordres reçus par le récepteur, en mouvements mécaniques.

En voiture électrique, on utilise la plupart du temps un seul servo, pour commander la direction (s'il y a un variateur de vitesse mécanique, il nécessite un second servo pour fonctionner). Un servo est constitué d'un moteur électrique, d'une démultiplication par cascade de pignons, et d'un système d'asservissement permettant de vérifier que l'on a bien fait le déplacement voulu.

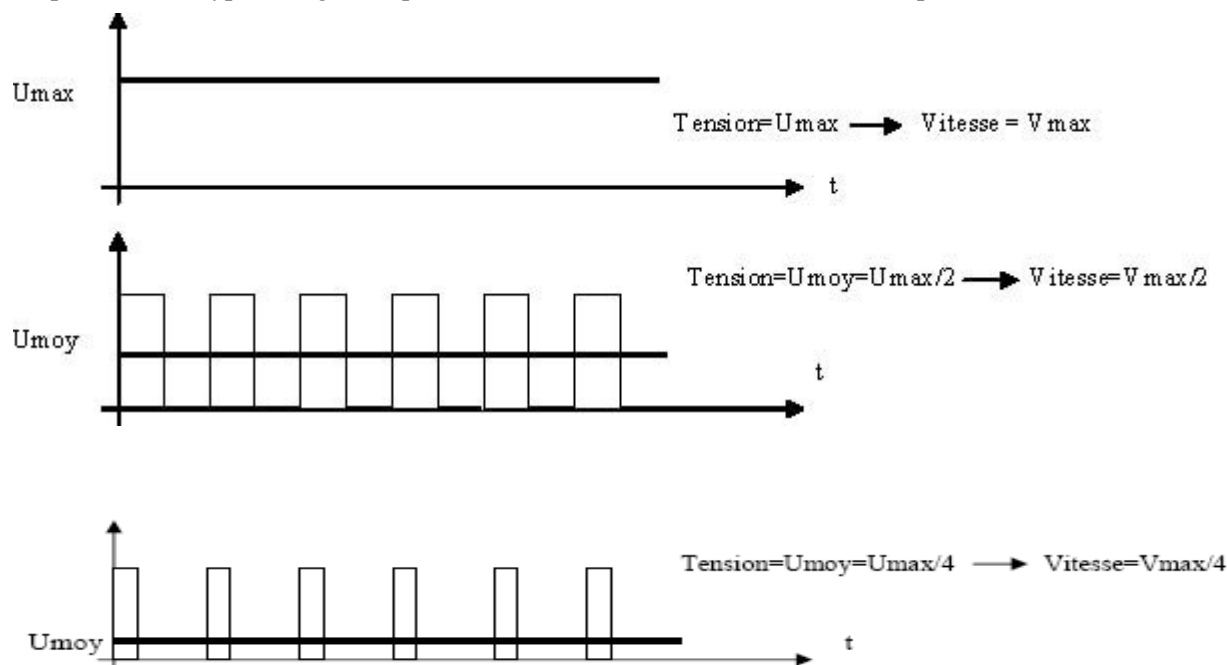


Le variateur de vitesse :



C'est l'élément qui permet comme son nom l'indique de faire varier la vitesse de rotation du moteur. Autrefois, il s'agissait d'un simple rhéostat manœuvré par un servomécanisme (ce principe, totalement dépassé aujourd'hui, reste utilisé sur certains modèles bas de gamme). Cette fonction est aujourd'hui prise en charge par un variateur électronique.

C'est un pont de transistors qui commande la vitesse du moteur par variation de la tension moyenne à ses bornes. La technique utilisée est la Modulation de Largeur d'Impulsion (MLI en français, PWM en anglais). Le variateur est commandé par le même type de signaux que celui d'un servomécanisme issu du récepteur.



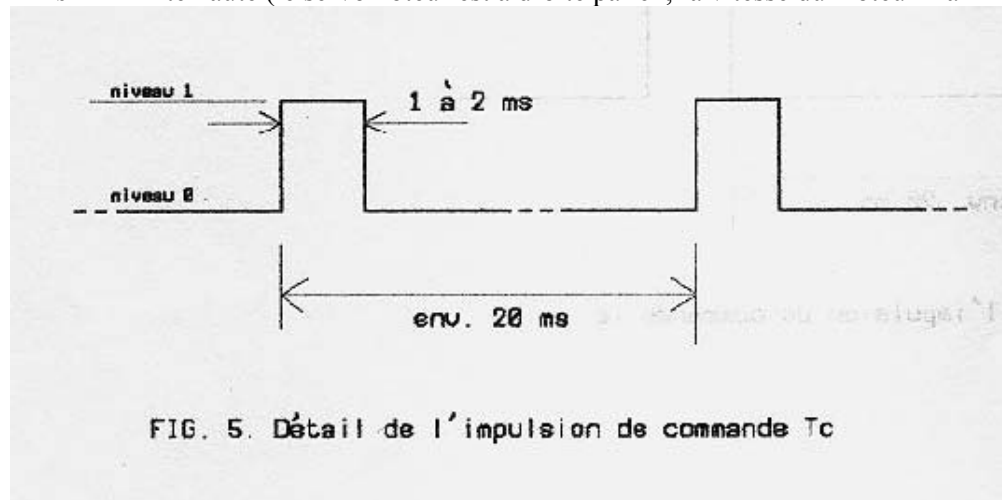
COMMANDE D'UN SERVO -MOTEUR

Un servo-moteur traduit la durée d'une impulsion en angle de rotation. LE SIGNAL de COMMANDE de l'ANGLE DE ROTATION ou de LA VITESSE est une impulsion positive pendant un temps variable et court (de 1 à 2 ms) : Cette impulsion doit se ***répéter toutes les 20 ms environ*** (50 fois par seconde). C'est la durée de 1 à 2 ms qui détermine la position angulaire du servomoteur ou la vitesse du moteur. Une standardisation des valeurs s'est imposée :

1 ms --> limite basse (le servomoteur est à gauche par ex., la vitesse du moteur maximum en MAR)

1,5ms --> neutre (le servomoteur est en position médiane, le moteur est à l'arrêt)

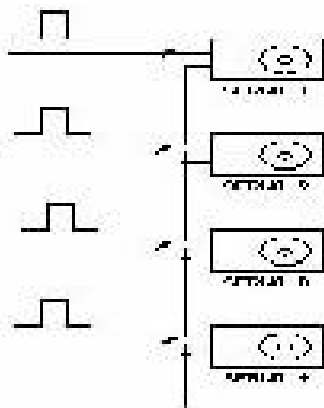
2 ms --> limite haute (le servomoteur est à droite par ex., la vitesse du moteur maximum en MAV)



L'impulsion de commande est fabriquée par le codeur du boîtier émission qui par l'intermédiaire de la fonction émission HF la transmet au récepteur HF . Elle est, après décodage, délivrée sur la prise (entrée) de servo ou du variateur.

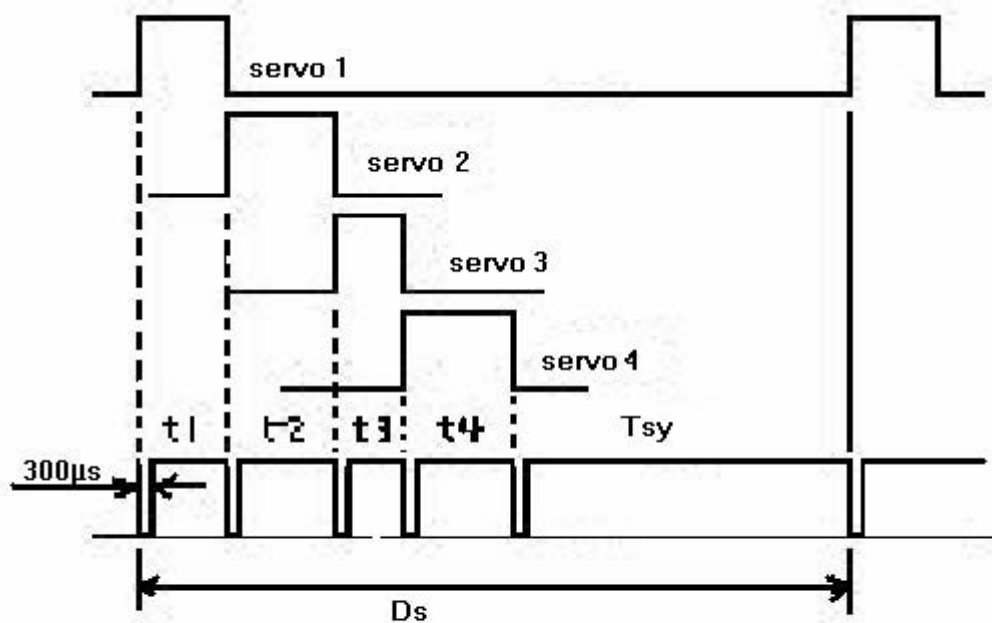


Si on désire commander plusieurs servomoteurs, il faut plusieurs émetteurs :



La solution employée pour utiliser un seul émetteur implique une commande SERIE. C'est la PPM (Pulse Position Modulation)

LE CODAGE PPM



FORMATION DE LA SEQUENCE PPM

PPM = Pulse Position Modulation , c'est-à-dire codage par la position relative des impulsions dans le temps. La durée de l'impulsion est directement proportionnelle à la position de la commande utilisée. Dans ce système il n'y a pas de détection d'erreur réalisée, donc si une erreur se produit dans la transmission elle est transmise directement à l'organe concerné (servo de direction, commande de la vitesse...) et entraînera un dysfonctionnement de la voiture.

-Les **impulsions** fines durent $300 \mu s$ environ. (c'est le temps de séparation de voie ou inter-voie). C'est ce qui permet au système de décodage (dé-sérialiseur) de comprendre qu'une nouvelle voie arrive.

-Les **temps de voies** se mesurent *d'impulsion à impulsion* (souvent de front montant à front montant) : $t_1, t_2 \dots$ Les



300µs sont compris dans la durée de la voie. Donc chaque voie sera comprise dans une durée allant de 0.3 ms à 1.7 ms.

-La distance entre deux impulsions de même repère (de "1" à "1" par ex.) est la **durée de séquence Ds**

-Le temps séparant la dernière impulsion d'une séquence de la première de la suivante est le temps de synchronisation **Tsy**. On a bien sûr : $Tsy = Ds - (t1 + t2 + t3 + t4 + ..)$. Ce temps est essentiel car il va permettre au décodeur la reconnaissance sûre de l'impulsion du début de séquence. Tsy doit donc être nettement plus grand que la durée maximale d'une voie (2 ms) Il sera souvent de 7 à 8 ms.

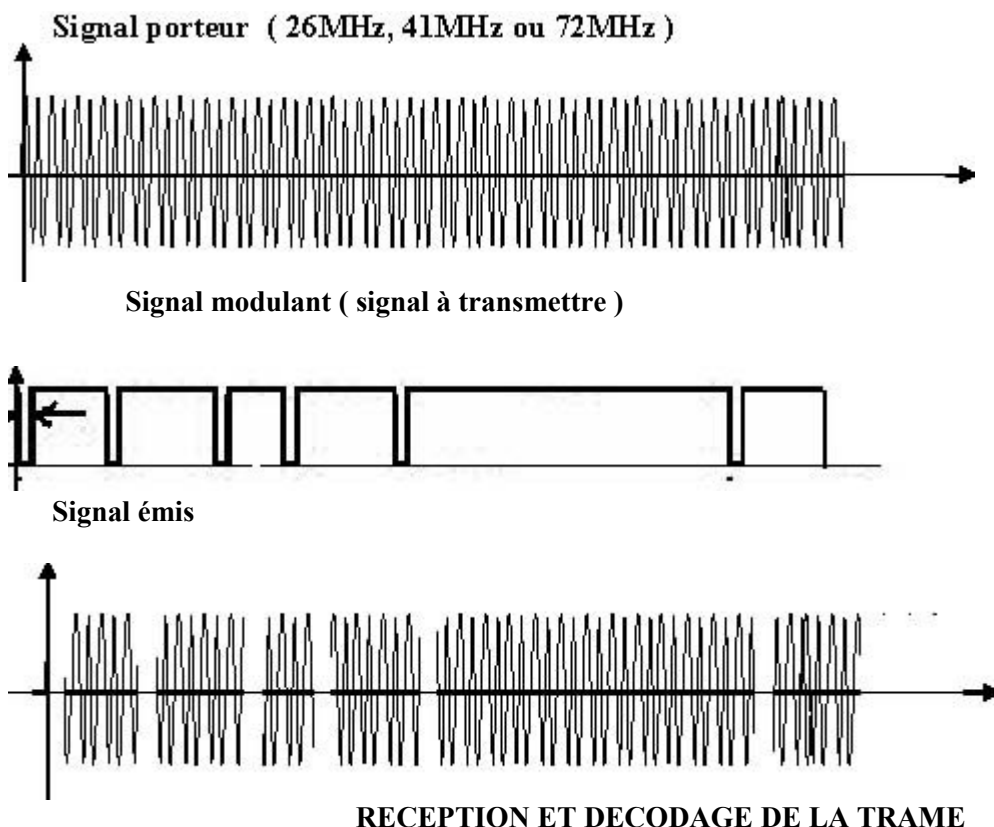
Deux solutions sont envisageables et ont été utilisées :

-**Ds constant** : Par exemple 20 ms. Dans ce cas le temps Tsy varie avec la durée des temps de voies et leur nombre, et peut devenir trop petit. C'était le cas des codeurs de 1ère génération .

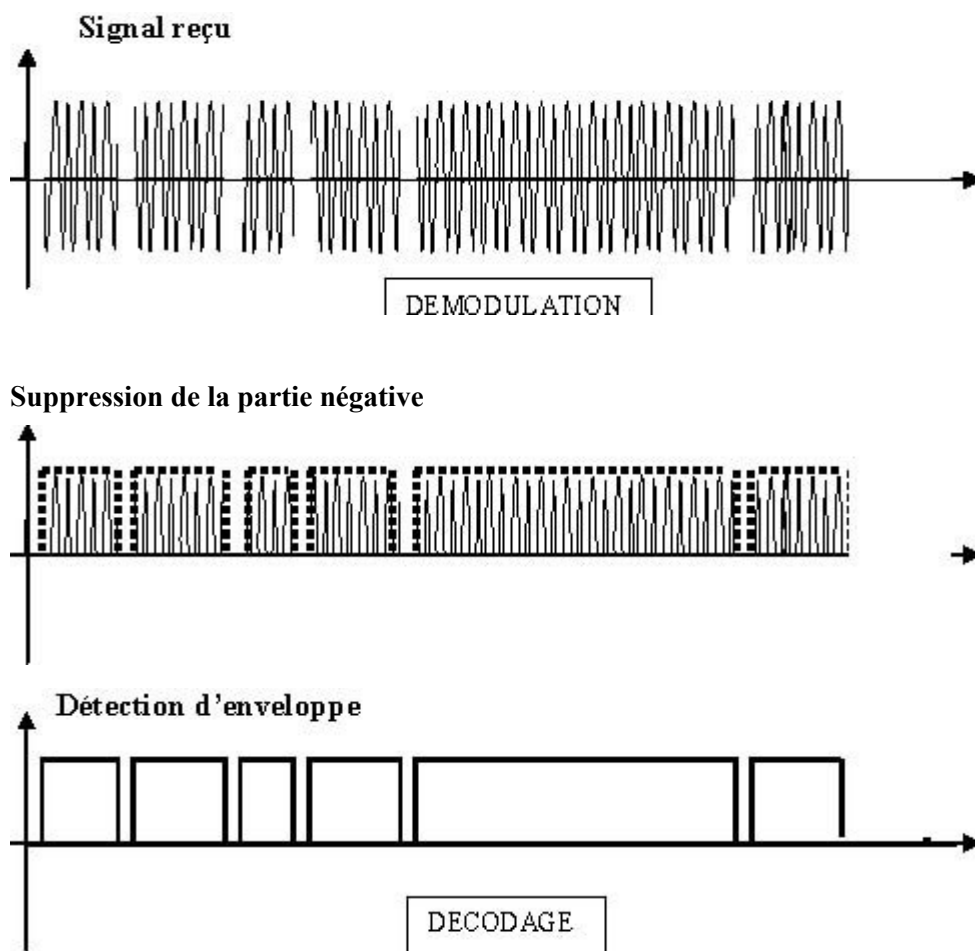
-**Tsy constant** : Par exemple 8 ms. Cette fois le décodeur n'a pas de problème car c'est Ds qui varie en fonction des temps de voies et de leur nombre. (Codeurs de 2ème génération) . Cette valeur ne doit pas excéder 30ms (sinon risque d'instabilité des servos).

ENVOI DE LA TRAME VERS LE BOÎTIER DE RECEPTION

Exemple : Cas de la Modulation d'Amplitude



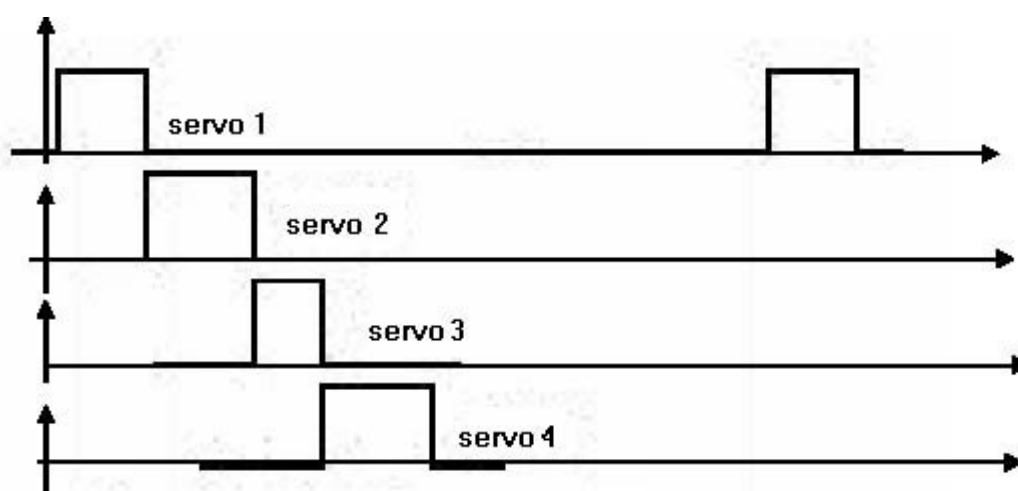
Exemple : Cas de la Modulation d'Amplitude



Dans notre cas c'est de la modulation d'amplitude de type FSK qui est utilisée. En fait le signal modulant ne peut prendre que deux valeurs :

- Présence de fréquence quand le signal de départ est à l'état logique haut
- Absence de fréquence quand le signal de départ est à l'état logique bas

Dé-sérialisation



Remarque : En FM les durées de voie sont émises à une fréquence f_1 (41 ou 72MHz) et les impulsions

LES FRÉQUENCES AUTORISÉES (Document FFAM)



Des fréquences ont été attribuées par l'Autorité de Régulation de Télécommunications pour la pratique du modélisme. Ces fréquences autorisées sont réparties pour tous types de modèles réduits

0 - dans la bande des fréquences 26MHz:

1 Les fréquences .

- dans la bande des fréquences 41MHz: Les fréquences.

- dans la bande des fréquences 72MHz: Les fréquences.

26815	26825	26835	26845	26855	26865
26875	26885	26895	26905	26915	

41110	41120	41130	41140	41150	41160
41170	41180	41190	41200		

72210	72230	72250	72270	72290	72310
72330	72350	72370	72390	72410	72430
72450	72470	72490			

-Cependant, dans la bande de fréquence 41000 à 41100 kHz: Les fréquences suivantes sont spécifiquement réservées à l'aéromodélisme.

41000	41010	41020	41030	41040	41050
41060	41070	41080	41090	41100	