

CREATION d'un SIMULATEUR AVION**Aéroclub de Versailles****A PARTIR d'un DR 400****PARTIE 2 : Mécanique**

Nous allons passer en revue :

- Les diverses commandes de vol
- Les instruments

1) Commandes de vol :

Le fonctionnement du simulateur, est principalement géré par les commandes, et les instruments.

Les commandes sont de deux sortes :

- Commandes proportionnelles : qui sont actionnées par les commandes de vol (profondeur, direction, inclinaison (ailerons)), les commandes moteur (gaz, appauvrisseur) et les commandes au sol (frein droit et frein gauche).

Ces commandes proportionnelles sont transmises à des capteurs (potentiomètres linéaires de 10 kW) par l'intermédiaire de biellettes ajustables et de guignols).

- Commandes Tout ou rien : Ce sont principalement des interrupteurs, des inverseurs, ou des micro-rupteurs.

Toutes ces informations vont vers l'ordinateur (Inputs)

1-1) Commandes proportionnelles :

1-1-1 Commande de profondeur : Cette commande est décrite sur les figures n°2 et 3.

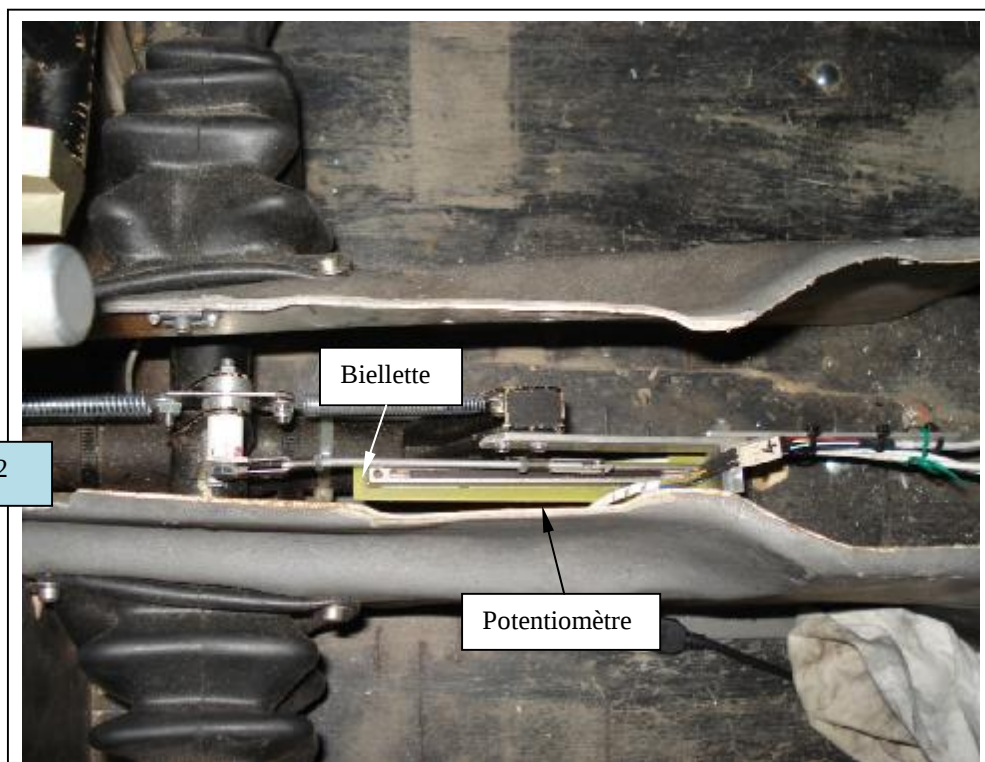
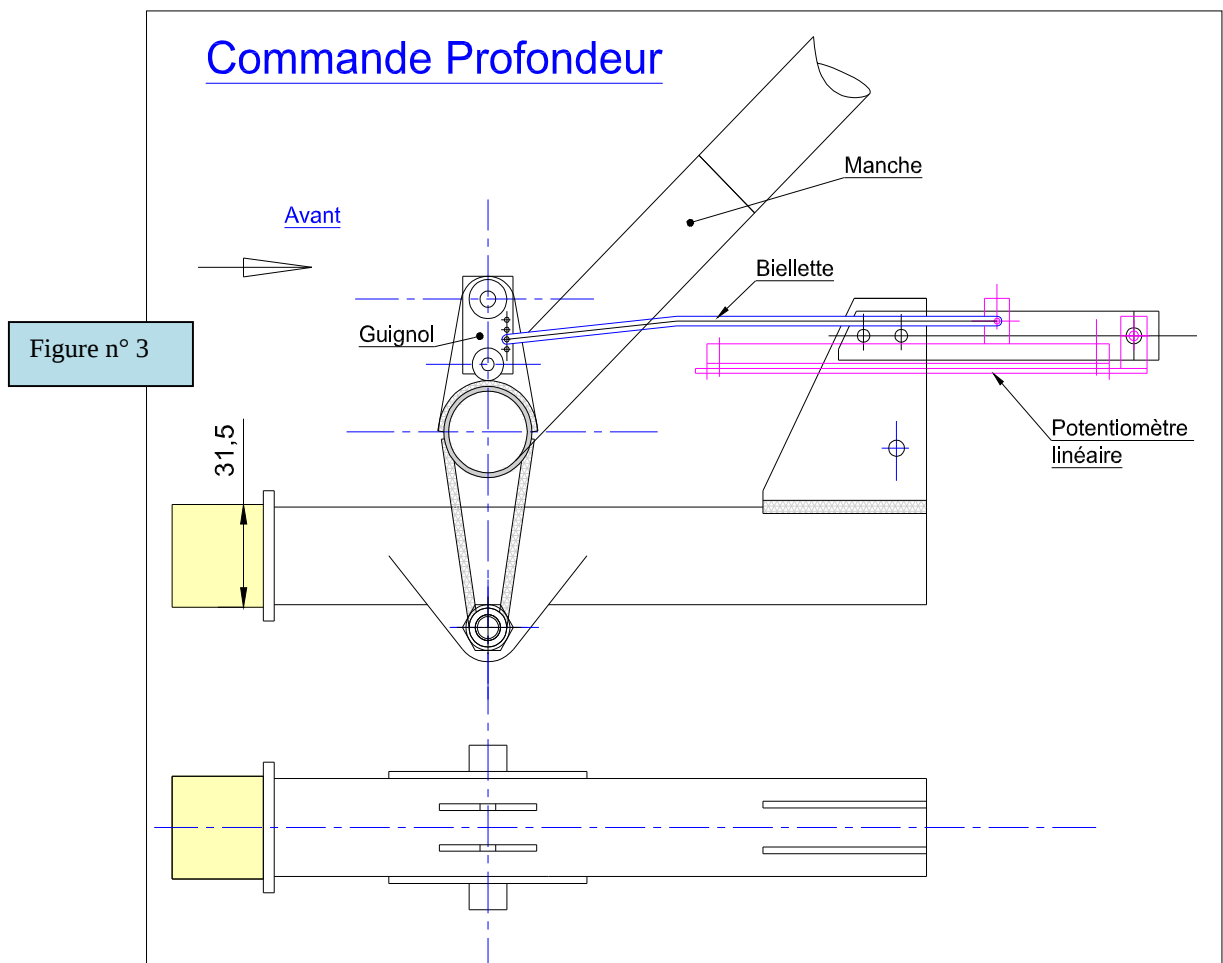


Figure n° 2

Le guignol du manche est relié au potentiomètre de 10 kW par une bielle.



1-1-2 Commande de direction : Les figures n°4, 5 et 6 montrent la commande de direction attachée aux palonniers.

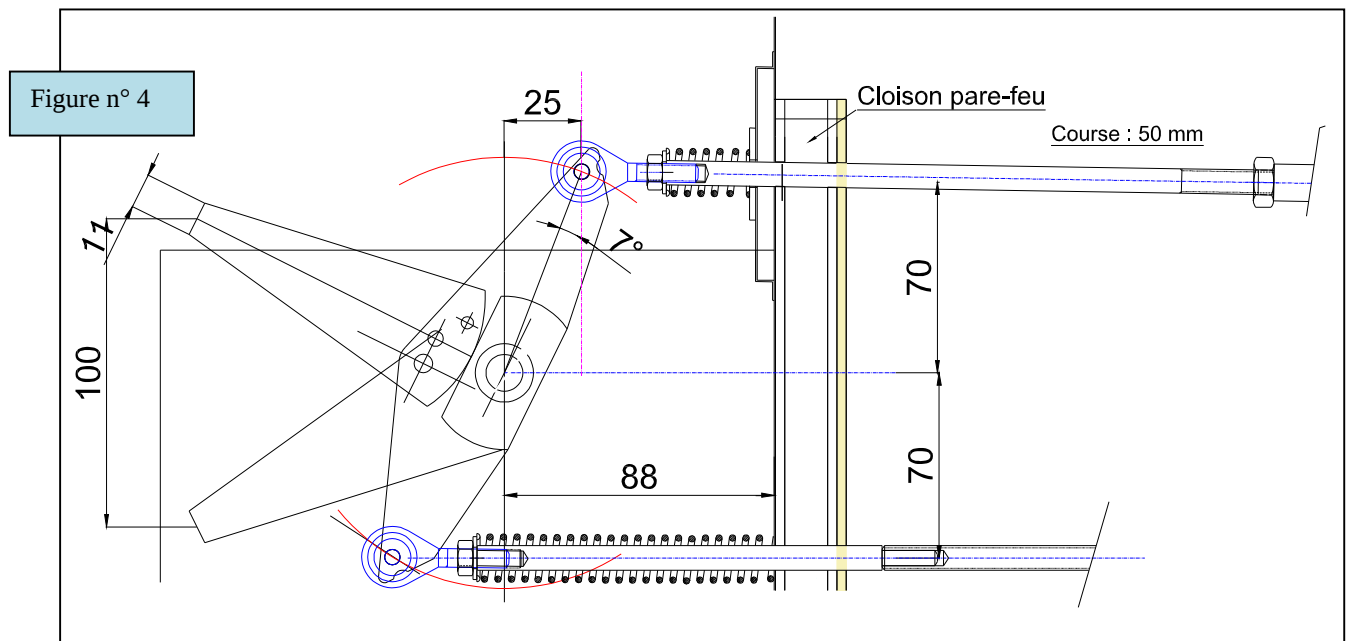
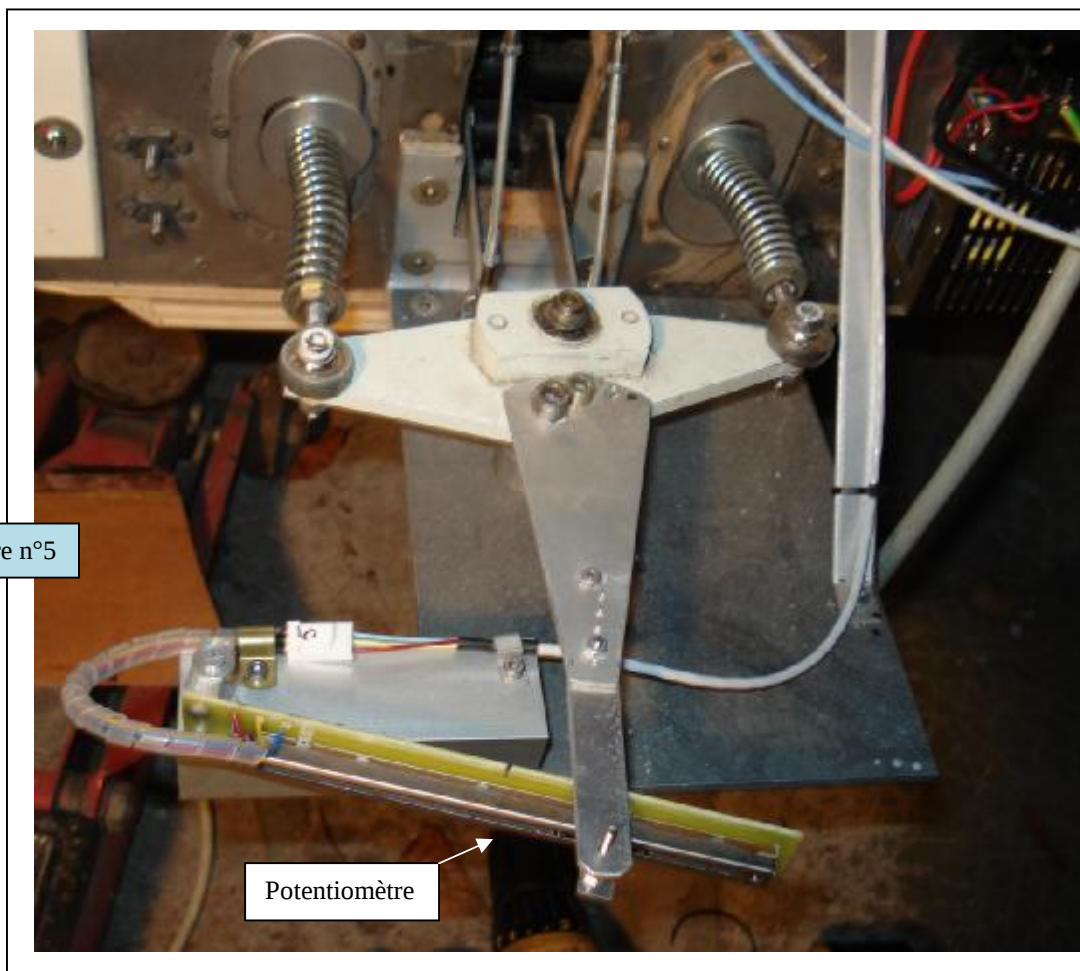
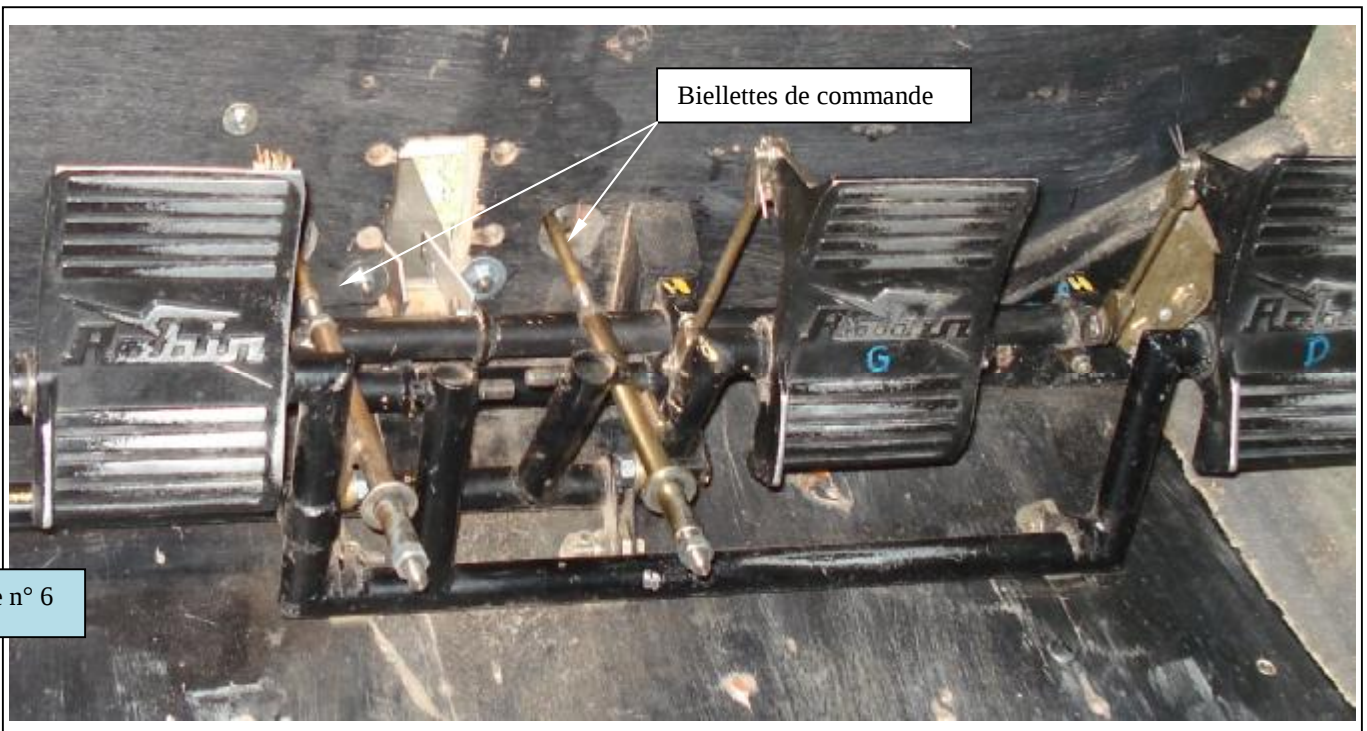


Figure n°5



Biellettes de commande

Figure n° 6



1-1-3 Commande d'ailerons : La commande est prise, comme sur l'avion, derrière les sièges avant.
 (Voir figures n° 7 et 8) Le potentiomètre est fixé sur la traverse haute du longeron par une plaquette en alu de 52x25mm

Figure n° 7

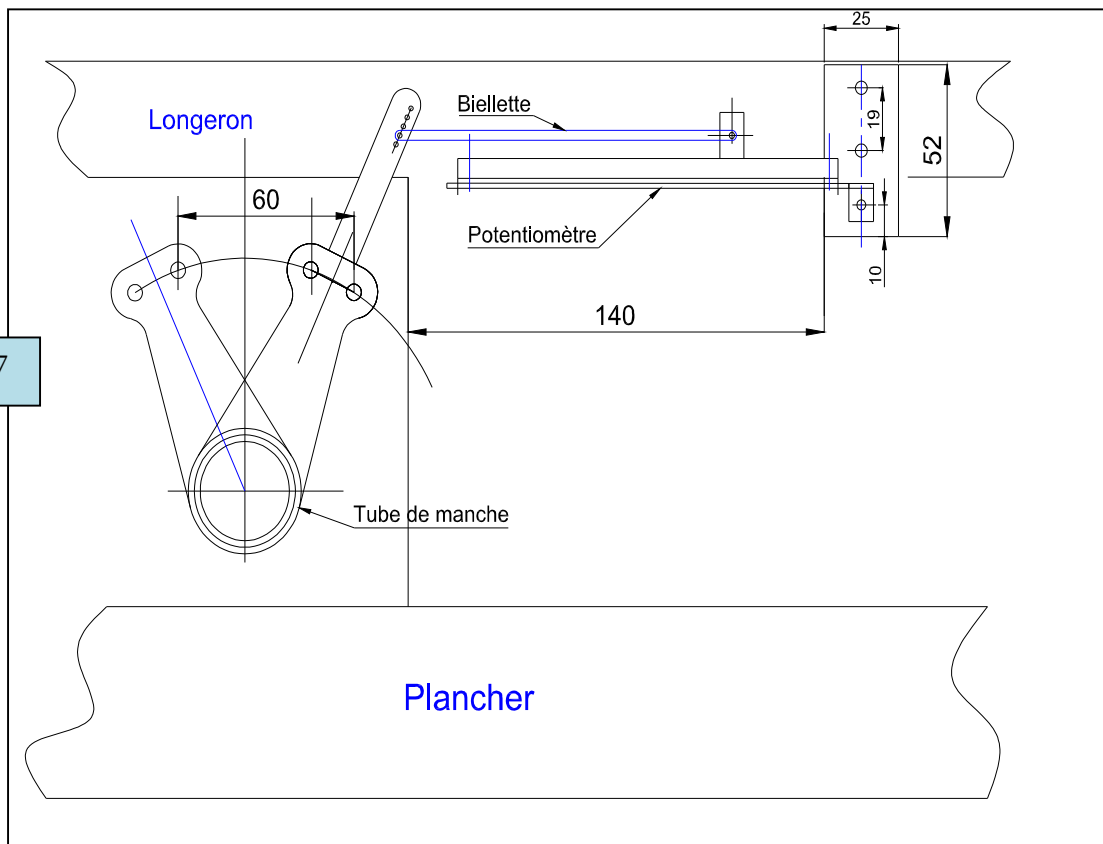
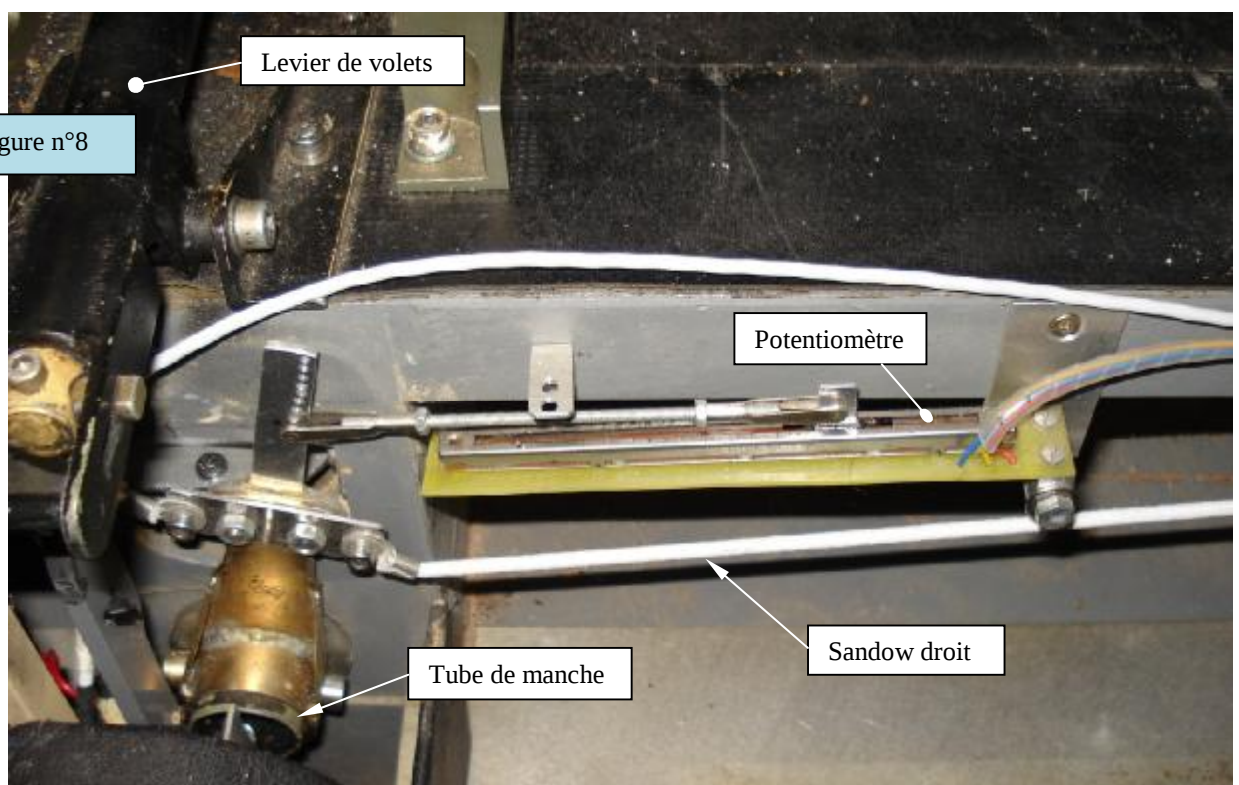


Figure n°8



1-1-4) Commande de gaz : La commande est renvoyée par une équerre au potentiomètre linéaire.

Figure n° 9

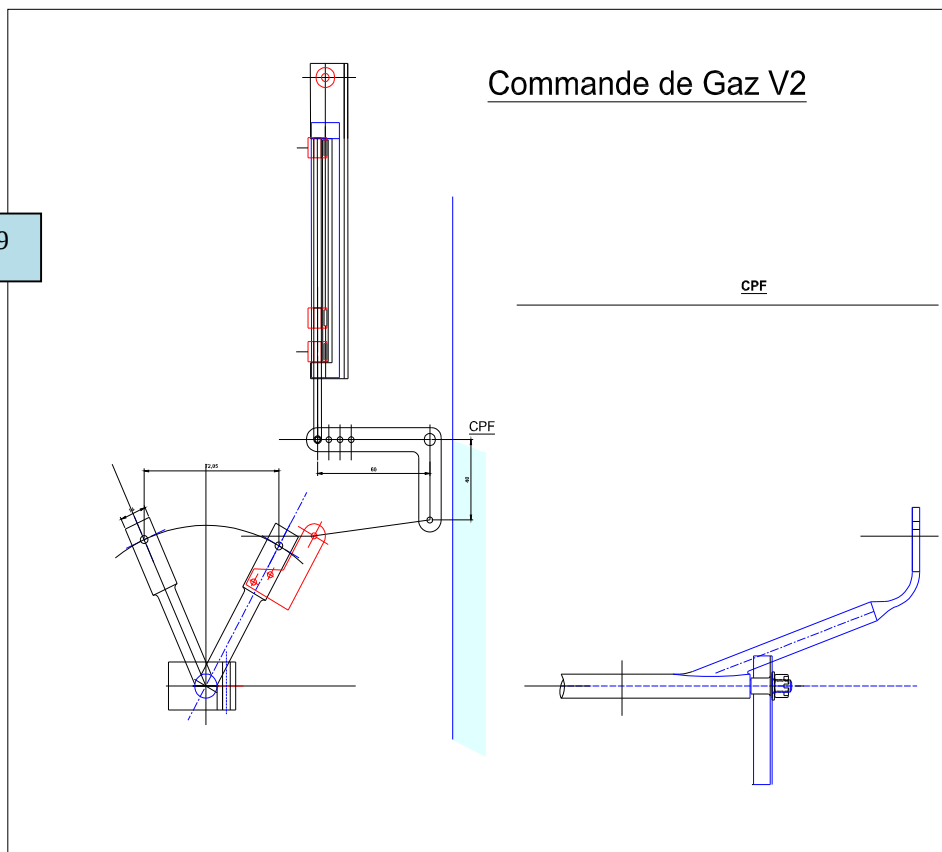
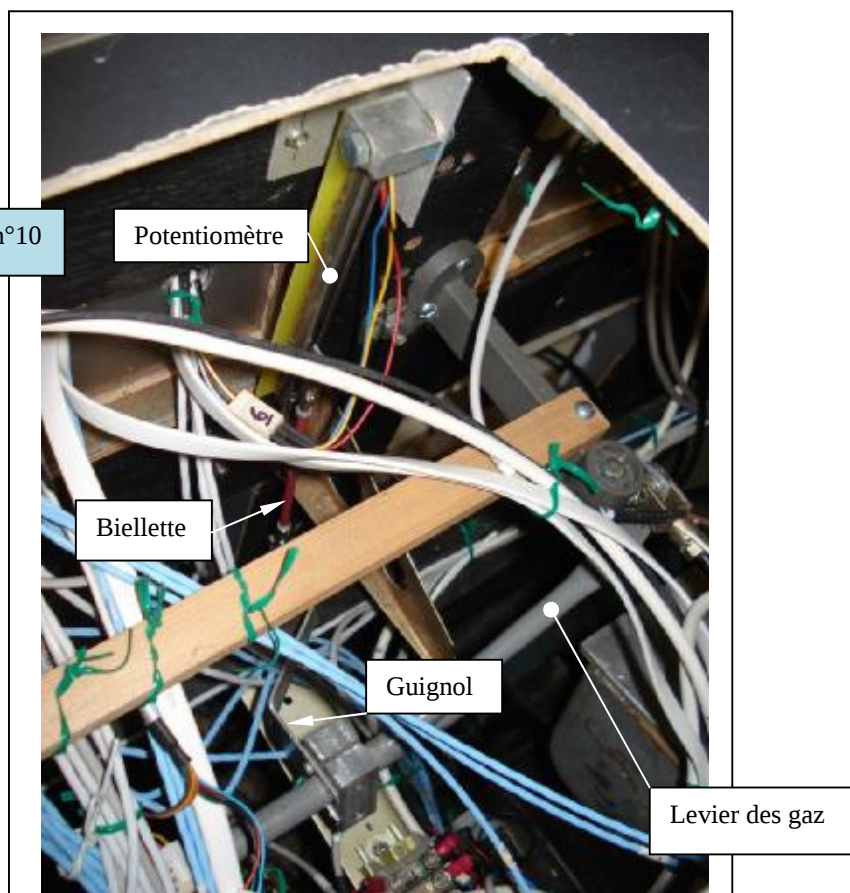
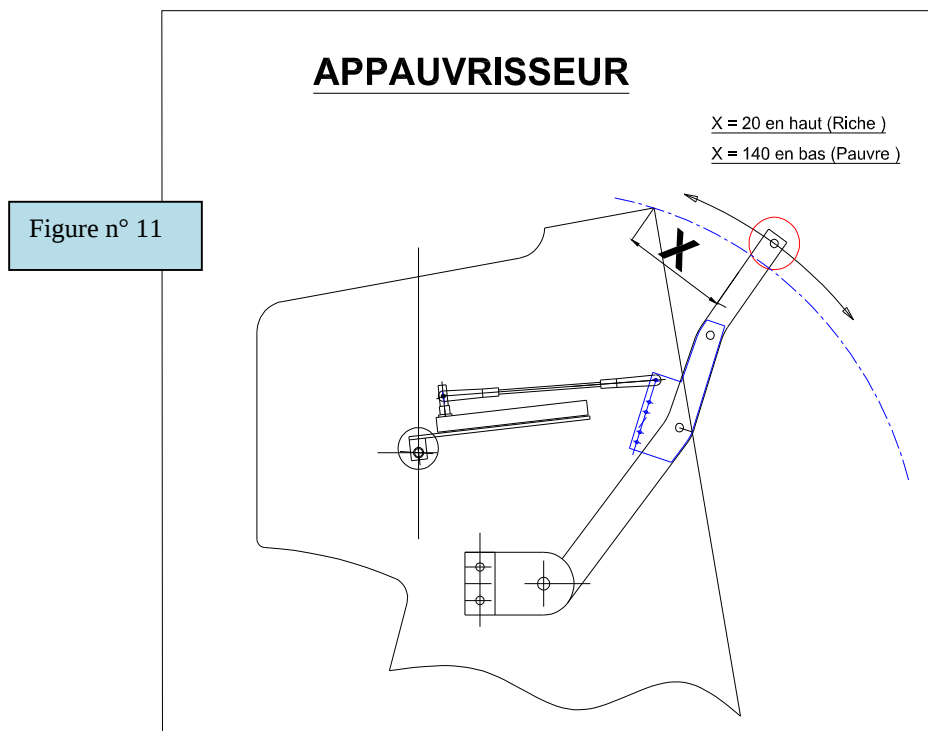


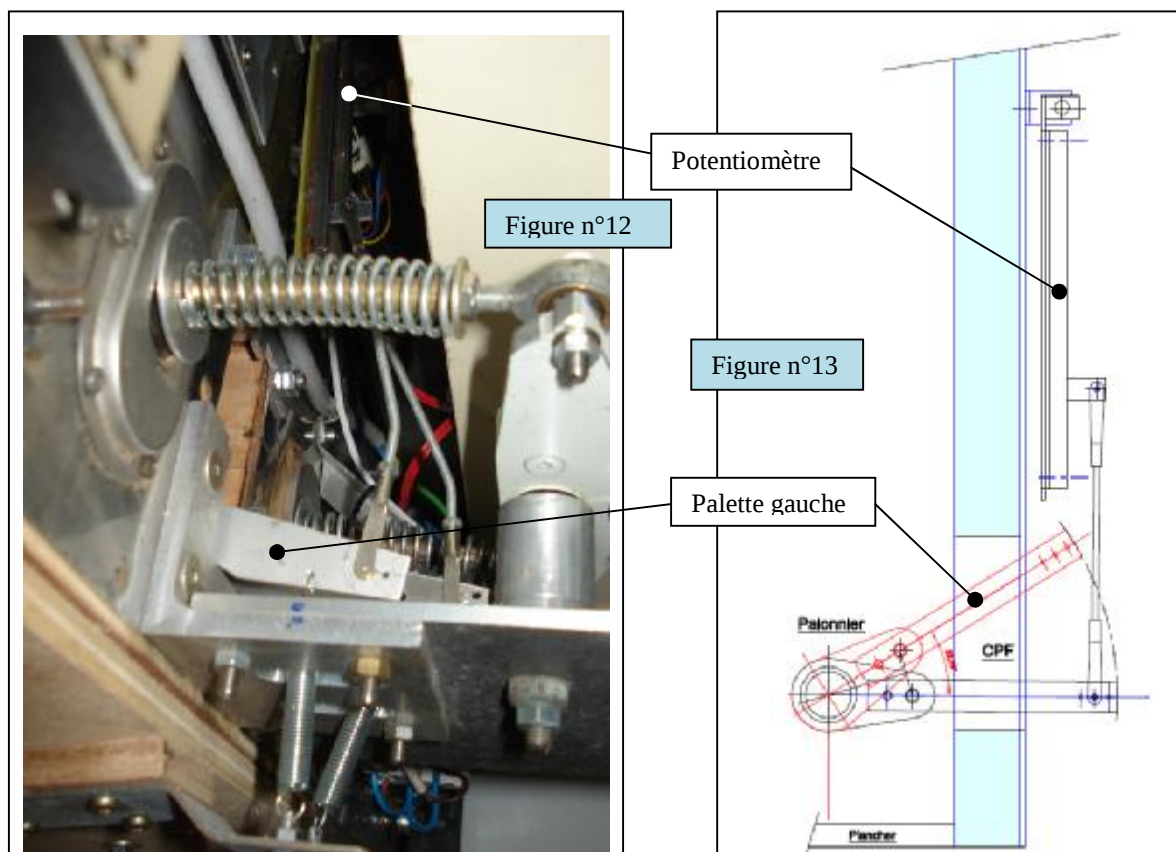
Figure n°10



1-1-5) Commande de richesse (Appauvrisseur) : La commande est en prise directe sur le potentiomètre à l'intérieur du panneau latéral droit. (Figures n°11 et 17)

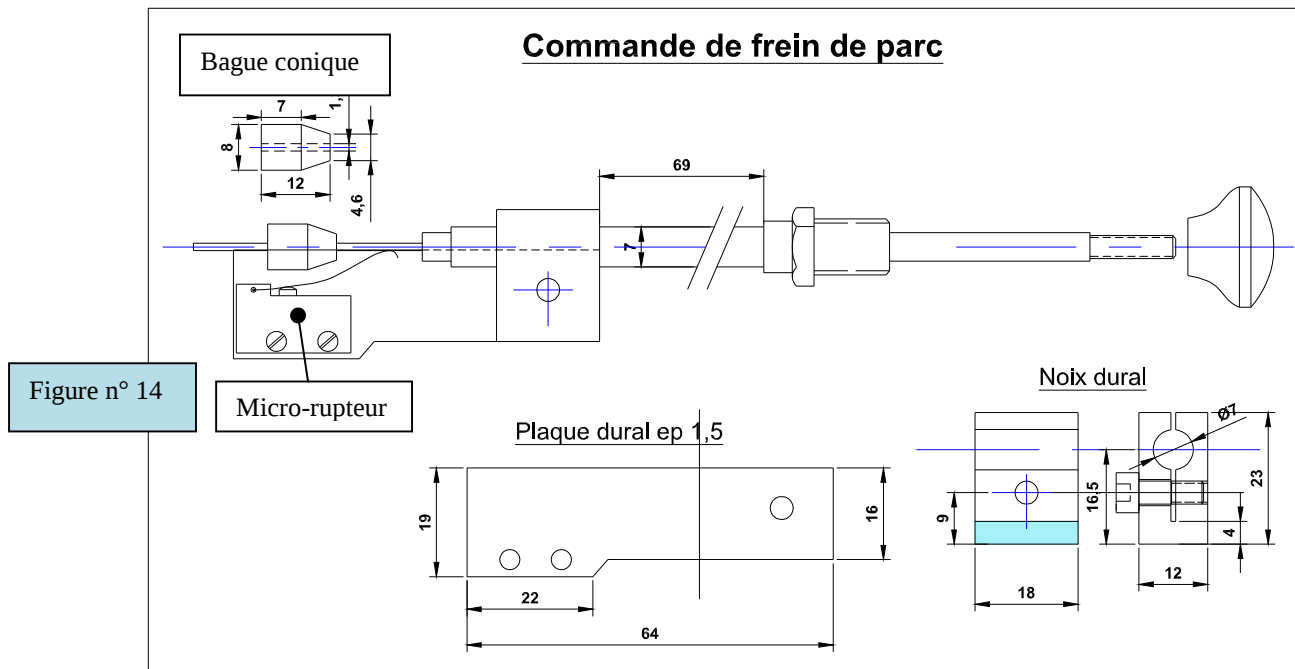


1-1-6) Commandes de frein droit et frein gauche : Nous utilisons les anciennes commandes de freins, pour actionner les 2 potentiomètres linéaires qui sont fixés sur le bas et à l'extérieur de la cloison pare-feu (voir Figure n°12 et n°13)

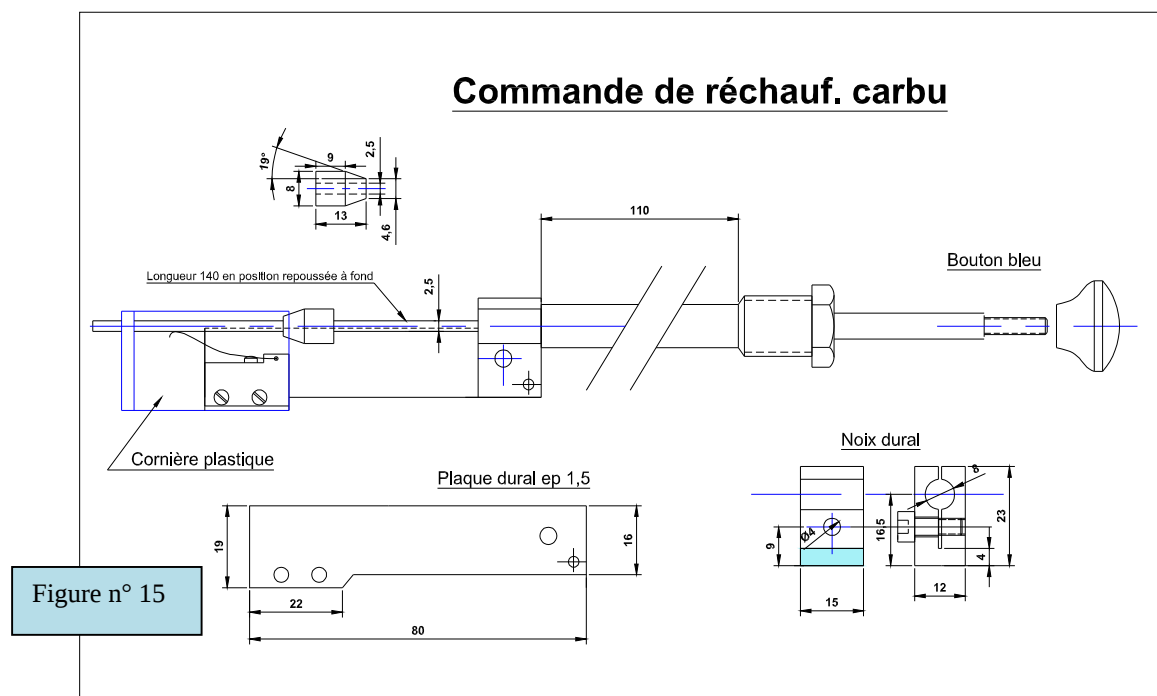


1-1-7) Commande de Trim : La commande trim s'effectue par la roue d'origine qui commande un potentiomètre visible sur la figure n°Y. La roue entraine par une poulie, une cordelette qui délace l'ergot indicateur de la position du trim .(voir figure n°17)

1-2) Commandes Tout ou rien : 1-2-1) Commande de frein de parc : Le frein de parc est actionné par une tirette qui agit sur un micro-rupteur par l'intermédiaire d'une bague conique.(voir figures n°14 et 17)

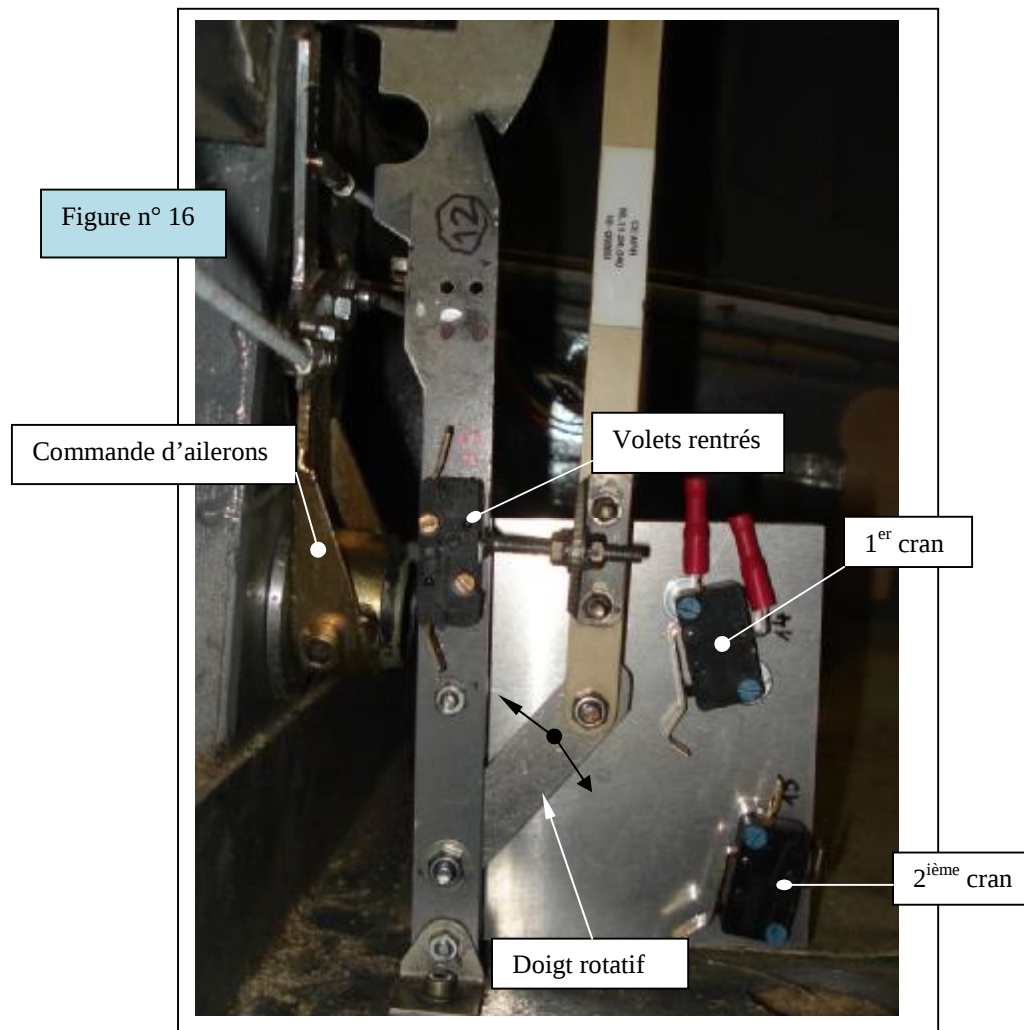


1-2-2) Commande de réchauffage carbu : C'est le même principe que la commande de frein de parc.



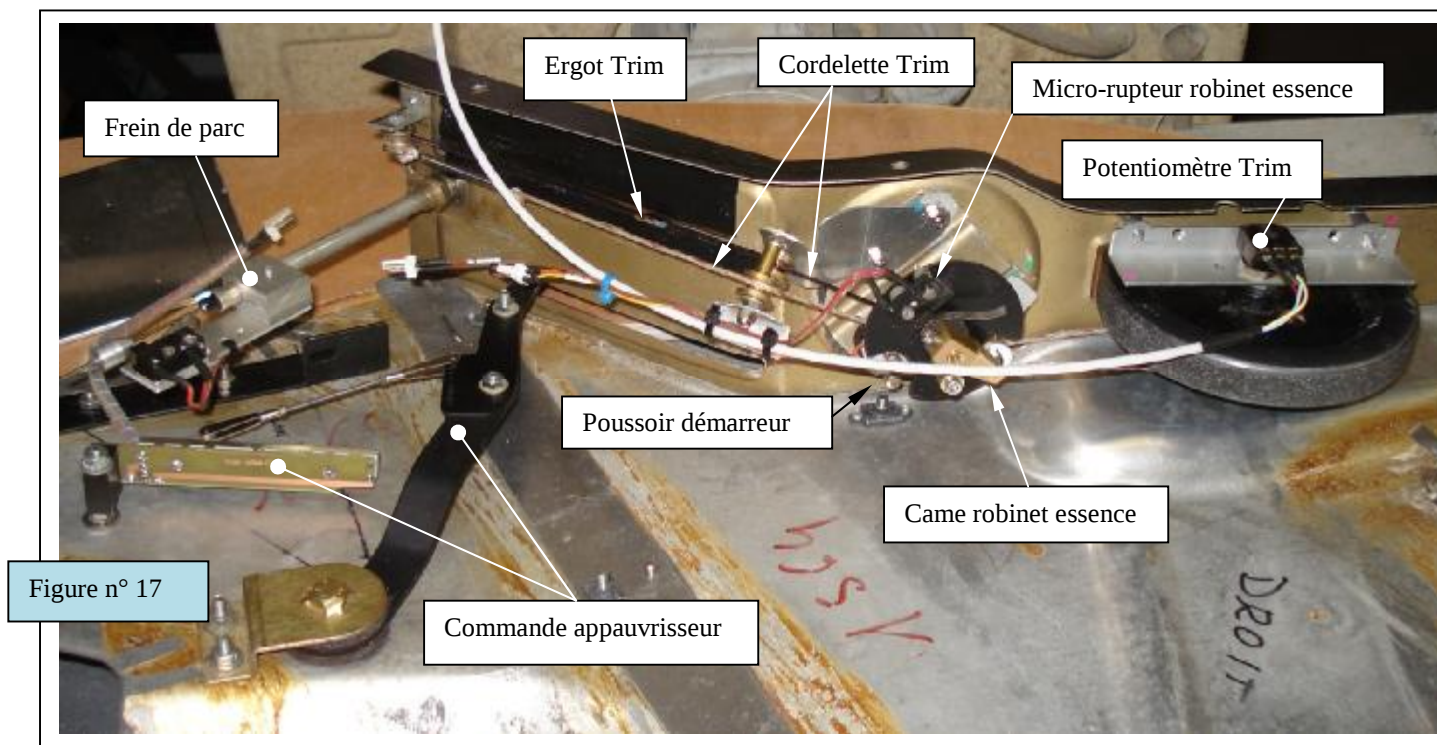
1-2-3) Autres commandes Tout ou rien : Nous pouvons indiquer :

- Les commandes par interrupteur :
 - Pompe électrique.
 - Circuit général.
 - Charge alternateur.
- Les commandes par bouton poussoir :
 - Démarreur.
 - Test voyants.
- Les commandes par micro-rupteur :
 - Volets : 3 micro-rupteurs pour les positions : Volets rentrés, Premier cran, Deuxième cran. (voir figure n° 16)



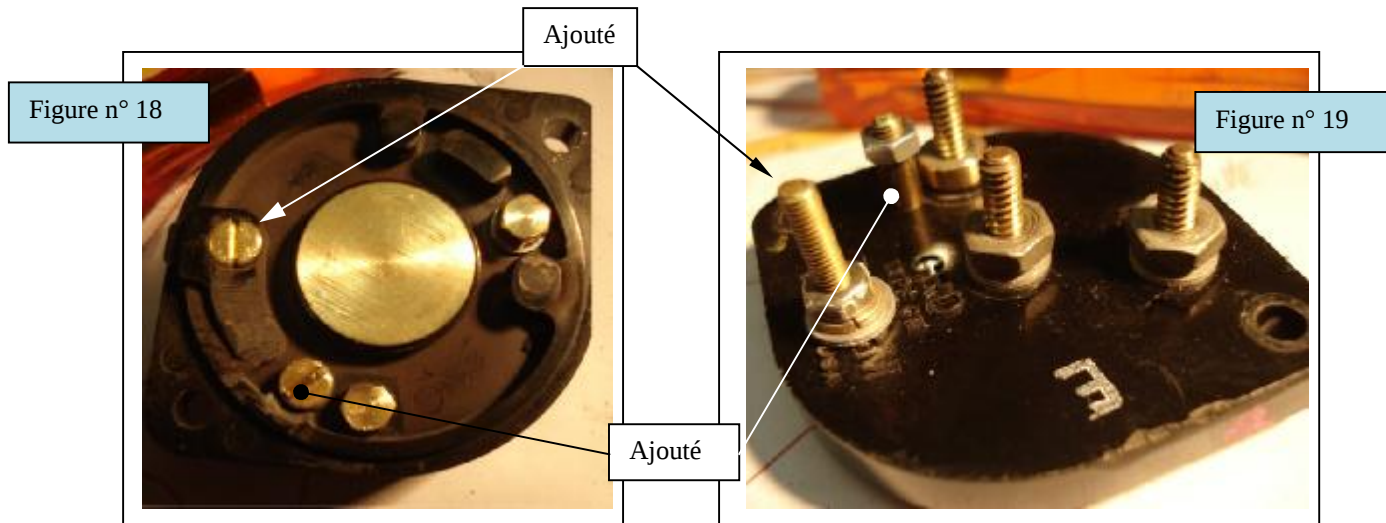
Les 2 micro-rupteurs des 1^{er} et 2^{ème} crans sont actionnés par le doigt rotatif.

- Robinet d'essence : Sur la figure n° 17, on aperçoit le micro-rupteur de commande du Robinet, actionné par une came en laiton solidaire de l'axe du Bouton. On voit également les 2 butées ouvert/fermé.

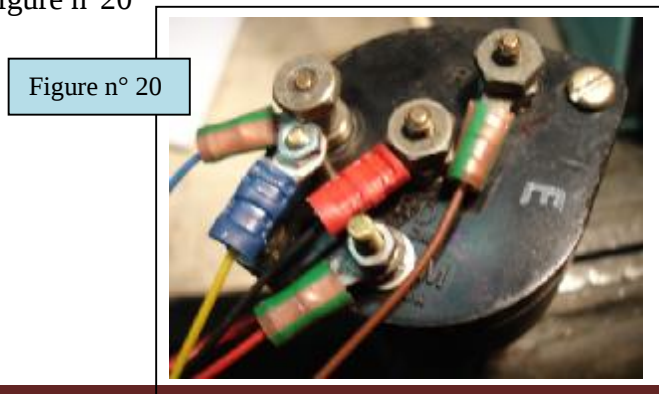


- Les commandes par contacteur rotatif : Cela concerne uniquement le contacteur magnétos, qu'il a fallu modifier, car dans la "vraie vie", quand le contact est sur " both ", les deux circuits sont coupés, alors qu'en simu, il faut mettre le contact ; idem pour le test des magnétos, lorsque l'on teste l'une, sur l'avion, on coupe son circuit, alors qu'il faut l'établir sur le Simu.

On a donc rajouté 2 contacts sur le rotacteur, selon les figures n°18 et n° 19 ci- dessous. Nous verrons dans la partie « Electricité » comment est effectué le câblage.



Le câblage terminé est représenté sur la figure n°20

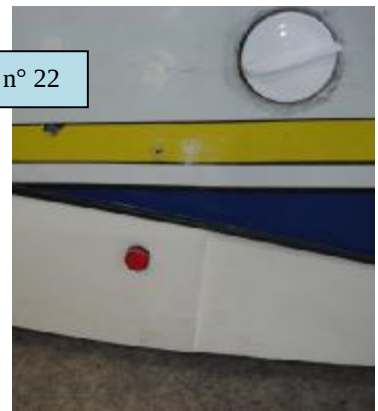


- Les interrupteurs « extérieurs » ou annexes . Ces interrupteurs ne sont pas reliés à l'ordinateur, et sont complètement indépendants. (Voir schéma électrique dans la partie 3). Parmi ceux-ci, nous trouvons :
 - Le feu anti-collision disposé à l'arrière et sur le dessus du fuselage. (Figure n°21)
 - Les feux de navigations disposés de chaque côté et à l'arrière du simu. (Figure n°22)
 Ces feux malgré tout fonctionnels, sont là pour le " décor ".

Figure n° 21



Figure n° 22



2) Les instruments : En ce qui concerne les instruments et les voyants, nous avons tenu à garder exactement ceux existants sur le DR 400, ni plus, ni moins. (Figure n°23)

Nous avons pris aussi le parti d'utiliser de vieux instruments hors services, transformés avec des servos-moteurs, ou des moteurs pas à pas pour mouvoir les aiguilles, ou bouger les maquettes horizon et bille-aiguille. La plupart comportent des servos-moteur (rotation des aiguilles sur 270° maximum), seuls l'altimètre, le conservateur de cap et le compas utilisent des moteurs pas à pas car les aiguilles, ou les maquettes effectuent un nombre illimités de tours.

C'est un travail très important, avec des réglages délicats, mais la simulation est parfaite.

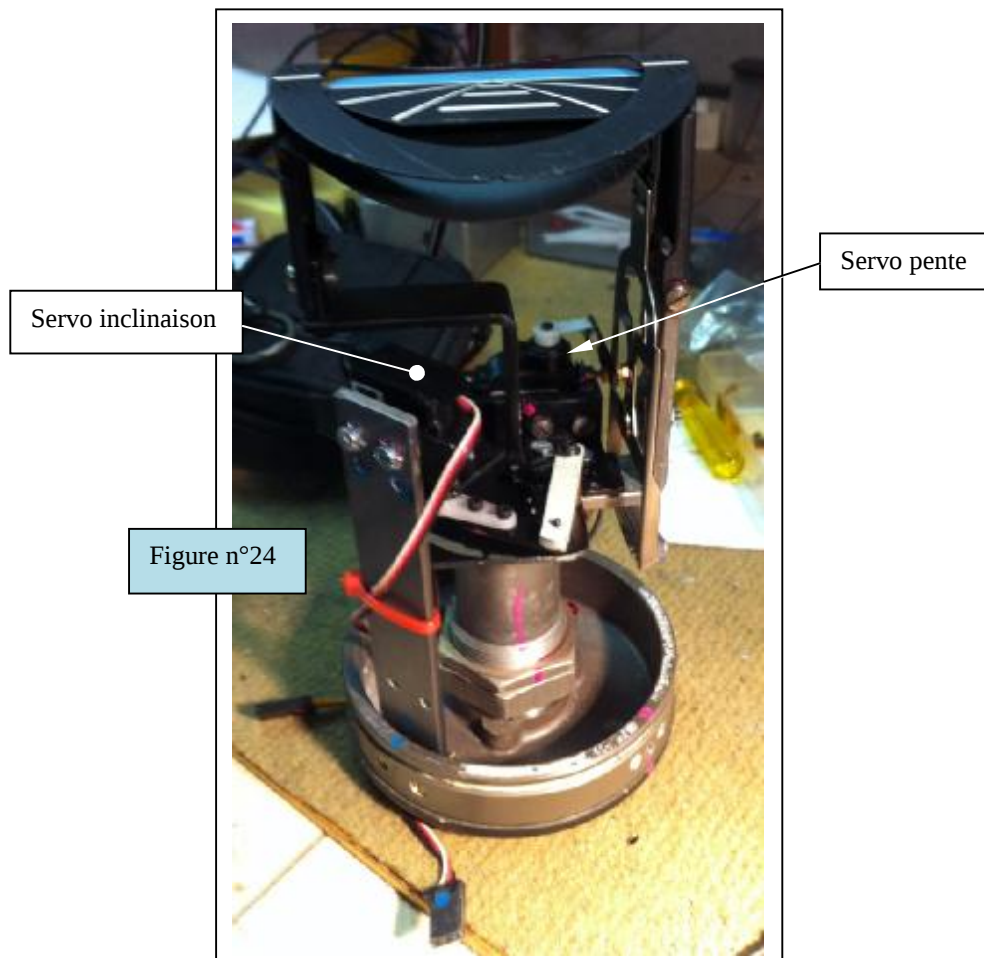
Figure n° 23



Tous les instruments sont fonctionnels, y compris les instruments moteur. Nous ne pouvons détailler ici, la construction de tous les instruments, mais nous donneront un exemple pour chaque type de moteur.

Pour les servo-moteurs nous prendront l'horizon artificiel, et le tachymètre, et l'altimètre pour le moteur pas à pas.

2-1) L'horizon artificiel : les servo-moteurs utilisés pour les instruments sont miniatures. Nous avons exclusivement monté des Futaba S3114 de 1,5kg/cm (Electronique Diffusion)



On utilise un horizon hors d'usage que l'on dépouille de tout ce qui ne nous sert pas (gyroscope, conduits de vide...) des supports ont été rajoutés pour soutenir les 2 servos (pente et inclinaison) (Figure n°24) .

Le servo-moteur entraine une bielle qui elle-même fait basculer l'ensemble mobile dans le cas de la pente ou de l'inclinaison, pour l'horizon.

Les entrées électriques se font toujours avec 3 fils : le + 5V, le - 5V, et l'impulsion de commande.

La calibration se fait par comparaison avec l'instrument de FSX à l'écran, en jouant sur les paramètres du code SIOC, comme nous l'expliquons dans la partie informatique.

2-2) Le tachymètre : Nous avons choisi cet exemple car la déviation de l'aiguille doit être calibrée par rapport à celle de l'instrument virtuel de FSX, l'exercice est un peu difficile, et comme pour l'horizon, nous verrons dans la partie informatique comment le réglage s'effectue (c'est le même pour tous les instruments à aiguille).

Nous devons également supprimer une partie du tachymètre, et il faut jouer de la scie, de la lime et parfois du tour ou de la fraiseuse

Dans l'instrument, la partie horamètre n'est pas fonctionnelle. (Voir Figures n°25 et 26).

Remarque : Nous ne pouvons pas vous cacher que l'utilisation d'un tour et d'une fraiseuse d'établi est nécessaire pour ne pas dire indispensable, pour certains travaux dans la réalisation du simulateur.

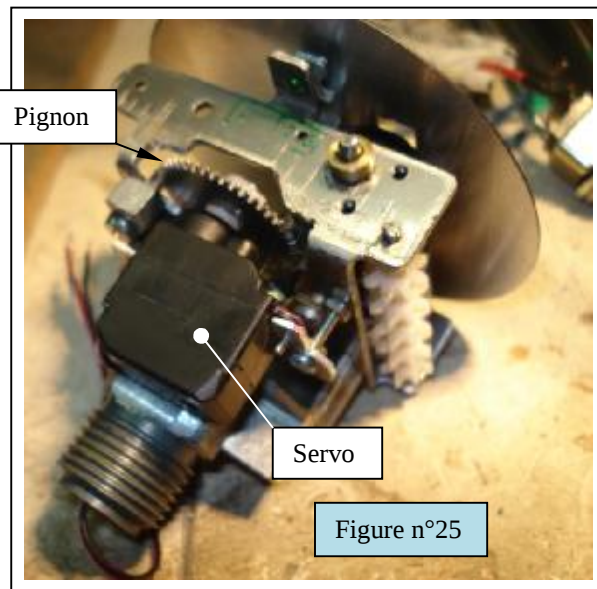


Figure n°25

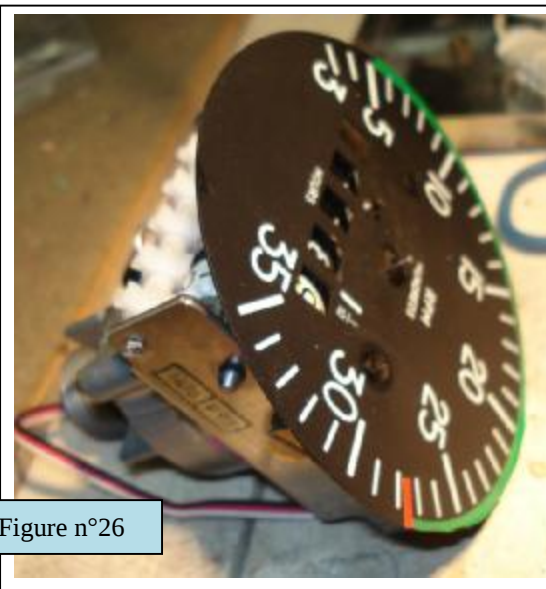


Figure n°26

2-3) Altimètre : L'altimètre est l'un des instruments les plus délicats à construire. Nous n'avons gardé que les aiguilles des centaines de pieds et des milliers de pieds , en supprimant l'aiguille des dizaines de milliers de pieds, par simplification.

Certains constructeurs de simulateurs installent 2 moteurs pas à pas (steppers) soit un par aiguille. Pour notre part nous avons conservé l'ancienne pignonnerie de réduction entre les 2 aiguilles, et avons adapté un axe (1,5mm de diamètre!) pour les entrainer à partir du moteur. La liaison entre le moteur et l'axe est assurée par un tube silicone qui fait office de cardan.(voir figure n°27).

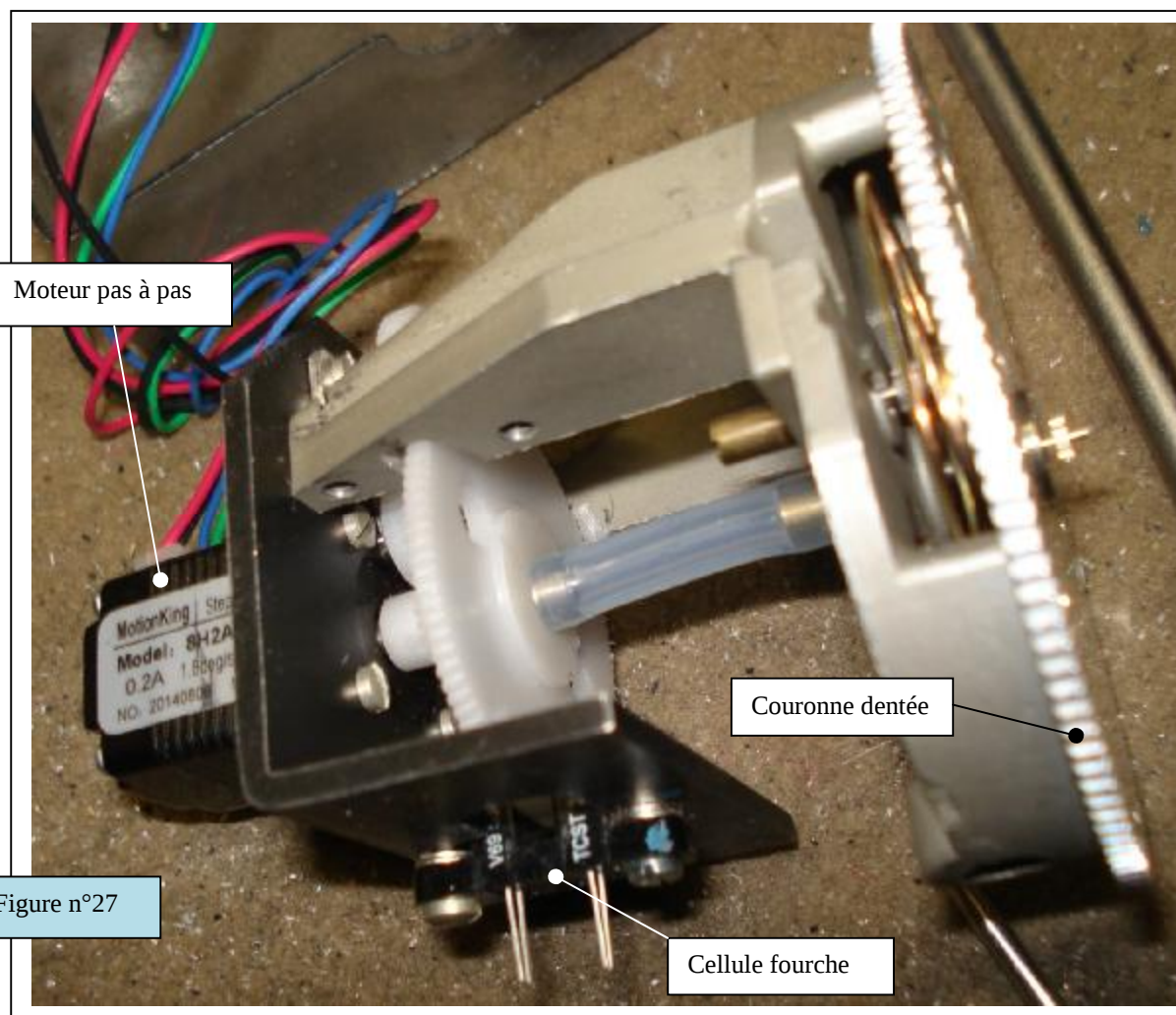


Figure n°27

L'altimètre a été débarrassé de sa capsule barométrique et de la démultiplication vers la pignonnerie. L'équerre noire a été rajouté pour supporter le moteur et les pignons en nylon.

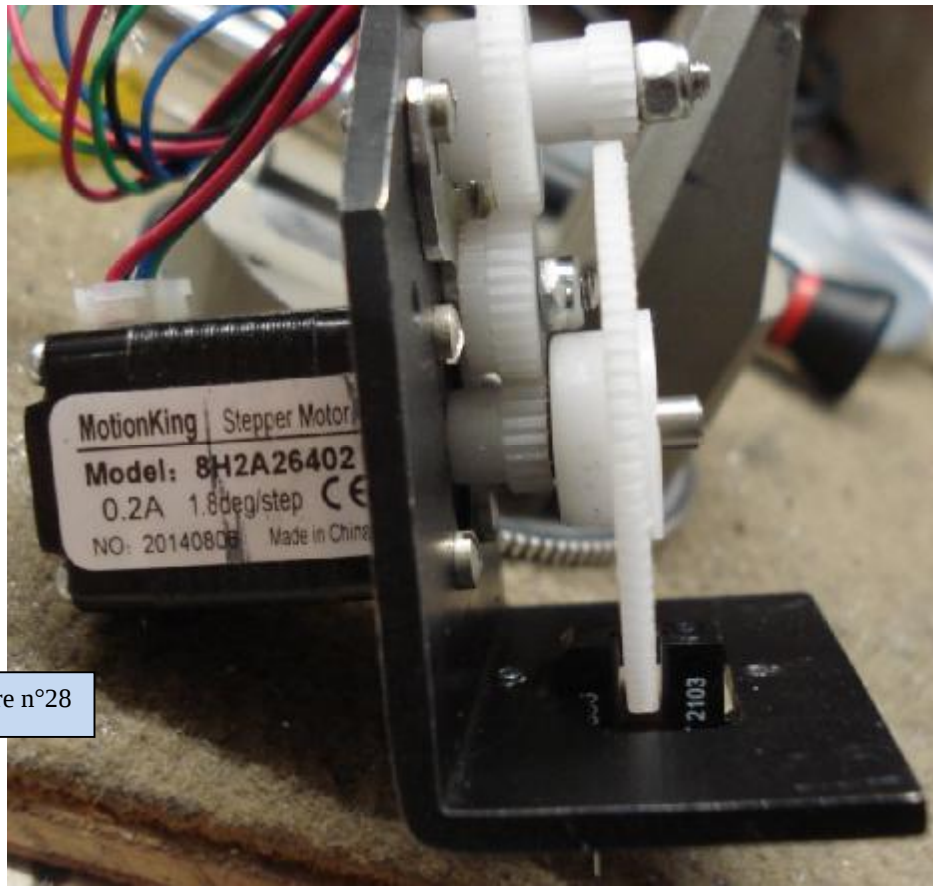


Figure n°28

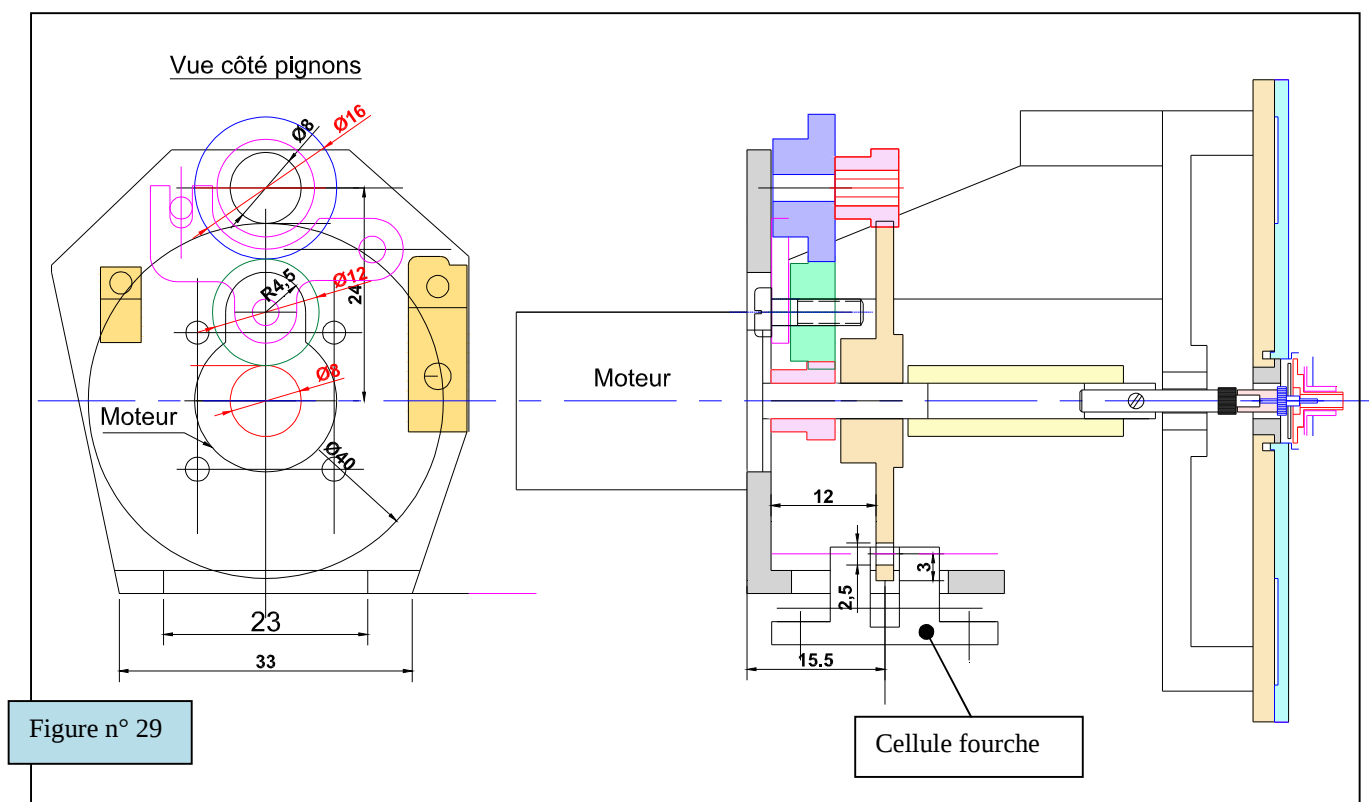


Figure n° 29

Le moteur pas à pas de marque Motion King, ref 8HY26 a été acheté chez Holdelec (Electronique Diffusion), sous le référence QUMO8HY26-0240A, pour environ 30 €. L'avance est de 1,8° par pas avec 600 g.cm de couple.

Les pignons nylons ont été achetés chez HPC engrenages. Ce sont tous des engrenages droits, module 0,4, de référence :

- ZGO.4-20 20 dents (2 pièces)
- ZGO.4-30 30 dents (1 pièce)
- ZGO.4-40 40 dents (1 pièce)
- ZGO.4-100 100 dents (1 pièce).

L'ensemble comprend également une cellule fourche (barrière photo-électrique) qui enserre le grand pignon de 100 dents (en beige sur le schéma), dans lequel on a percé un trou de 2,5 mm à la périphérie.

La barrière photoélectrique de marque Vishey et de référence TCST 2103 CNY37, a été achetée chez Conrad(environ 7 €)

Fonctionnement : (voir figures n°28 et 29) Le moteur entraine le pignon rouge (sur le schéma) (20 dents), monté serré sur son axe; Le pignon rouge entraine un pignon vert de 30 dents, qui lui-même entraine un pignon bleu de 40 dents.

Un autre pignon rouge (20 dents) est monté solidaire du bleu sur le même axe (goupillés ensemble). ce dernier pignon rouge entraine lui-même le pignon de 100 dents (beige) qui tourne libre sur l'axe du moteur.

Compte tenu de la démultiplication, le pignon beige fait 1 tour ,lorsque le moteur fait 10 tours. Le trou du pignon beige passera donc 1 fois devant la barrière photoélectrique tous les 10 tours du moteur.

L'aiguille des centaines de pieds est connectée en direct sur le moteur ,via le tube silicone.

le moteur pas à pas est unipolaire et comprend 2 bobines (soit 4 fils en sortie: noir et vert ainsi que rouge et bleu). Il suffit de permuter 2 fils d'une seule bobine pour que le moteur tourne en sens inverse.

Remarquons que le pignon beige doit faire un peu plus d'un tour pour la réinitialisation: Une fraction de tour pour faire passer le trou devant la barrière, puis un second tour complet qui permet de compter le nombre de pas pour un tour et le moteur s'arrête en face du trou. Le soft peut alors déterminer n'importe quelle position relative, par rapport à l'origine (le trou).

Nous verrons dans la partie 3 informatique, comment écrire le code de fonctionnement de l'altimètre

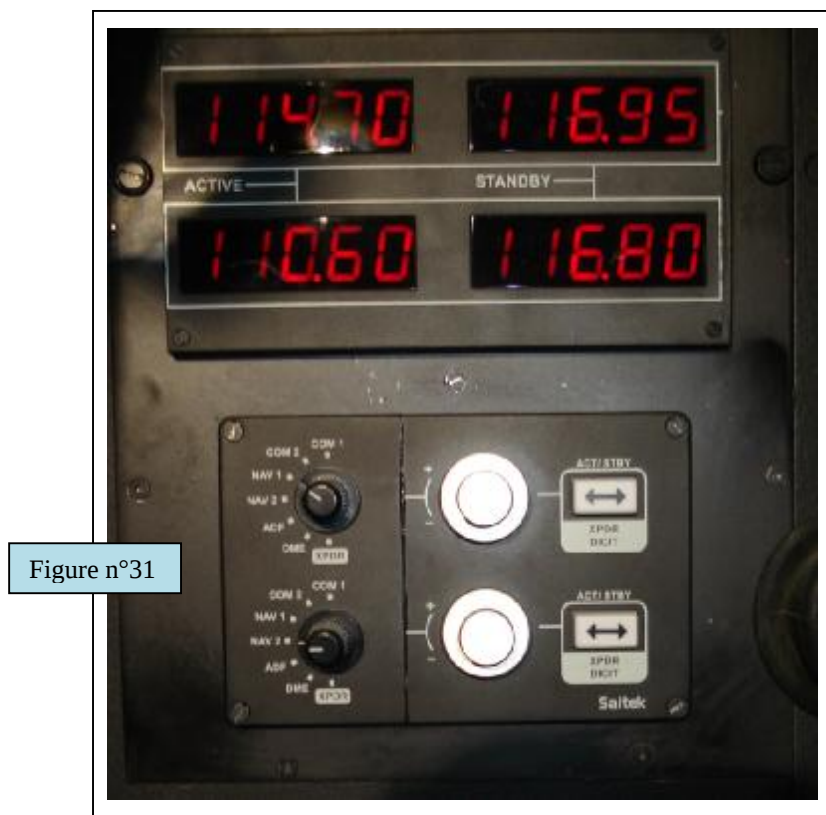
Réglage du QNH : L'ajustage de la pression locale (QNH), se fait par le bouton d'origine de l'altimètre, qui entraine un potentiomètre multi-tours de 10 **kW** ainsi que la couronne dentée de l'altimètre (voir figure n°25), et donc l'affichage du QNH dans la fenêtre.

3) La radionavigation : Comme nous l'avons mentionné plus haut, la radio n'est pas utilisable directement (pas d'interlocuteur). Mais nous avons installé un ensemble VHF/ VOR acheté chez Saitek pour 120 € : le Pro Flight Radio Panel, qui permet d'utiliser un indicateur VOR pour faire de la radionavigation.(voir figure n°30)

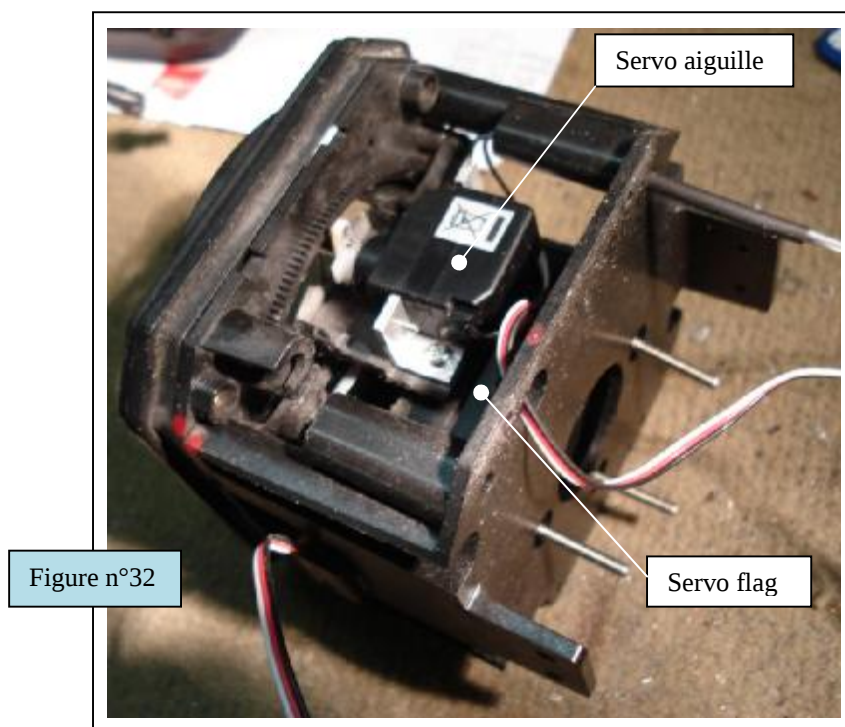


Compte tenu de l'encombrement de l'ensemble VHF/VOR de Saitek, par rapport à la place disponible pour les radios sur le tableau de bord du DR400, nous avons dû couper le Saitek au niveau des 2 lignes A et B (figure n°30) , pour recoller les 2 morceaux extérieurs ensemble puis en les fixant sur une plaque en alu pour donner le résultat visible sur la figure n° 31. Cette opération quoique un peu délicate, n'est pas infaisable.

Le Saitek est relié directement à l'ordinateur par un câble USB.



L'indicateur VOR: Nous avons pu récupérer un indicateur VOR de chez King que nous avons "épuré", comme d'habitude, pour ne conserver que la face avant avec l'aiguille, le flag, et la couronne rotative. (Voir figure n°32)



Sur la figure n° 32, le potentiomètre entraîné par la couronne n'est pas installé. Le potentiomètre linéaire de 10k Ω , est un peu spécial, puisqu'il est monotour, c'est-à-dire qu'il n'a pas de butée ni dans un sens, ni dans l'autre. La figure n°33 montre la face avant de l'indicateur VOR.



Figure n°33

Fin de la partie 2

Pour plus de renseignements : michel.suire2@wanadoo.fr

