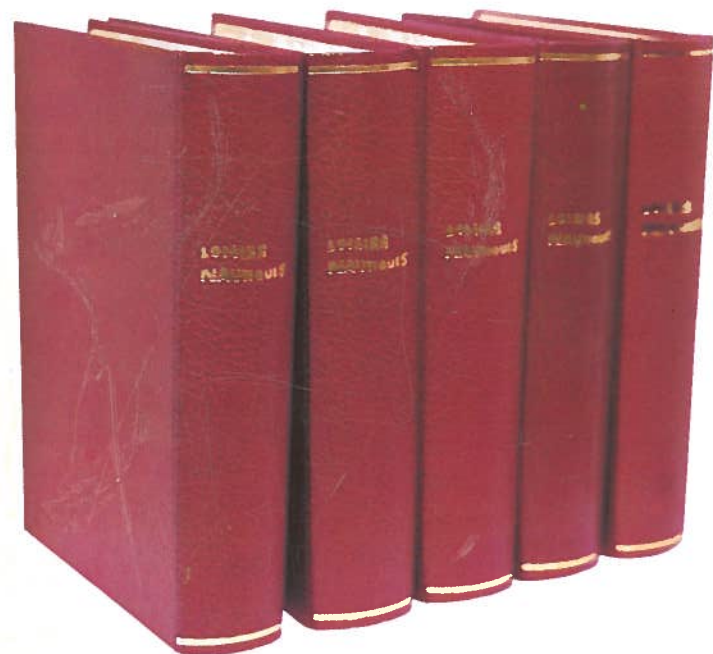


**Constituez-vous une encyclopédie
de l'architecture et de la construction
navales de plaisance
à l'aide de cette reliure permettant un
classement facile et rationnel
des numéros du mensuel **Loisirs Nautiques**
et de ses numéros hors série.**



Une reliure digne de votre bibliothèque

cartonnage très rigide, dos demi-rond, recouvert en skivertex Bordeaux, grain Sanigal (aspect cuir) impression dos « Loisirs Nautiques » et deux filets or.

Prix France : 40 F TTC - Etranger : 45 F (port et emballage compris)

Par avion sur demande (frais avion en sus)

Format 8 cm de large sur 29 cm de haut et 22 cm de large. Tringlerie intérieur ce 12° mensuel.

Bulletin de commande

Archives St-Germain 33800 BORDEAUX

Je vous adresse la somme de

mandat France mandat international

Nom

Adresse

Ville Code postal

HORS-SÉRIE 9

LOISIRS NAUTIQUES

Hors série 9

connaissance du
PILOTE AUTOMATIQUE
électrique - électronique
construction amateur - professionnelle



ARCHITECTURE ET CONSTRUCTION NAVALES

M 1949-9-59 F - N° HORS SÉRIE (9) 1980 - FRANCE 59 F - 17 DOLLARS - 27 FS

1D

CONSTRUCTION DE LA GIROUETTE

L E principe de fonctionnement de la girouette a été décrit au début de cet ouvrage. Je ne m'étendrai donc pas sur ce sujet. Ce qui doit nous préoccuper dans l'immédiat, c'est la façon de réaliser ce détecteur.

PRINCIPE MÉCANIQUE (fig. 91).

La pale de girouette en balsa est montée sur un pivot composé d'un axe fixe (1), de 2 roulements inox bloqués dans un manchon (5) solidaire de la pale (G). L'aimant (A) fixé en bout de pale décrit un arc de cercle sur le support (8), son débattement étant limité par les 2 butées (B) voir photo 37 (page 90). L'aimant défile devant les contacts magnétiques (S1) et (S2), disposés à l'intérieur du boîtier composé du cache-contacts (8) et du support 10. La manette de blocage (14) permet de régler l'inclinaison de l'axe (1) par rapport à l'horizontale. Le tourillon (T) tourne dans la tête de pivot (15) et la vis de blocage (16) permet de la maintenir en position dans cette pièce. C'est la position respective de ces 2 éléments l'un par rapport à l'autre qui détermine l'orientation de la pale, donc l'angle du bateau avec le vent apparent. L'ensemble est solidaire du pivot (P) pouvant tourner librement dans les paliers (19 et 26) du mât M. L'écrou inox (17) et la rondelle en laiton (18) servent de butée tournante verticale.

Ce pivot est, lui, solidaire du bras de contre-réaction. Au bas de l'évidement de la tête de pivot (15), est pratiqué un petit perçage, il est là uniquement pour éviter l'accumulation d'eau dans cette pièce.

Nomenclature de la figure 91

- 1 - Axe de girouette.
- 2 - Rondelle d'arrêt.
- 3 - Bouchon d'étanchéité.
- 4 - Roulement.
- 5 - Manchon porte-roulements.
- 6 - Roulement.
- 7 - Vis de fixation du support des contacts.
- 8 - Cache-contacts.
- 9 - Vis de fixation au cache-contacts sur le support.
- 10 - Support horizontal.
- 11 - Vis de fixation des 2 parties du support.
- 12 - Support vertical.
- 13 - Support des contacts.
- 14 - Manette de blocage.
- 15 - Tête de pivot.
- 16 - Vis de blocage.
- 17 - Contre-écrou.
- 18 - Rondelle d'usure.
- 19 - Palier.
- P - Pivot.
- M - Mât.

LISTE DU MATÉRIEL NÉCESSAIRE

- 1 rond d'incox NSMC de \varnothing 12 mm, longueur 100 mm.

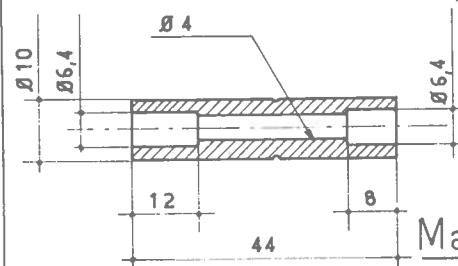


FIG.93 Matière: AG 4
Manchon porte roulements 5

- 1 rond d'Ertalon 6 SA de \varnothing 25, longueur 200 mm.
- 1 rond d'AG4 de \varnothing 12 mm, longueur 70 mm.
- 2 roulements ADR-SKF, réf. WAX 1/8 ZZ en inox Z 100 C 17 (voir fig. 92).
- 1 rond de plomb \varnothing 12 mm, longueur 40 mm.
- 1 aimant de porte de placard, type FA 30, marque SILAM.
- 2 contacts magnétiques ou « ILS » type inverseur sous ampoule de verre, \varnothing extérieur 5 mm, longueur de l'ampoule 36 mm.

Roulements 4 et 6

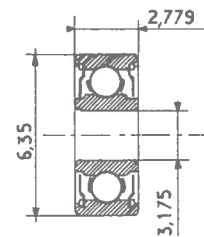
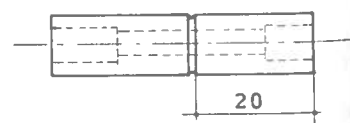


FIG.92

Roulements à gorges profondes protégés ADR-SKF

Référence: WAX1/8ZZ

Matière: acier inox Z 100 C17



- 9 vis inox à tête fraisée de \varnothing 3 mm, longueur 15 mm.
- 2 vis inox à tête fraisée de \varnothing 4 mm, longueur 10 mm.
- 2 vis inox à tête plate de \varnothing 3 mm, longueur 10 mm.
- 1 plaque AG4 de 120 x 150 mm, épaisseur 10 mm.
- 1 plaque d'isoxal de 120 x 120 mm, épaisseur 8 à 10/10.
- 1 plaque d'AG4 de 120 x 120 mm, épaisseur 4 mm.
- 1 morceau de polypropylène de 20 x 20 x 15 mm.
- 1 rond d'incox NSMC de \varnothing 6 mm, longueur 120 mm.
- 150 mm de rond en Ertalon 6 SA de \varnothing 40 mm.
- 30 mm de tige filetée de 5 mm en inox NSMC.
- 1 écrou papillon de 5 mm en inox NSMC.
- 20 mm de rond de laiton de 6 mm.
- de la résine KR et du vernis LT de chez SOLOPLAST.
- 1 planchette en balsa de 300 x 100 mm, épaisseur 15 mm.
- 1 cordon pour combiné téléphonique (torsadé).

Commentaire sur le matériel

Plomb

Les ébauches en plomb pourront être coulées au diamètre voulu.

Aimant

L'aimant comportant 2 pièces apparaît sur la photo 38 (page 92); seule la partie comportant l'aimant servira.

Contacts magnétiques

Je n'ai pas pu me procurer la référence exacte de ceux que j'ai employés. Par les dimensions, vous pourrez trouver les équivalents. Ces contacts n'ont à assurer que le passage d'un faible courant de l'ordre de 5 mA. On pourrait employer des plus petits, mais le support serait à modifier.

Il est aussi possible de monter des contacts « simple interrupteur » en modifiant le schéma de branchement. Ces contacts sont bien moins chers que les inverseurs. Ils doivent être dans ce cas montés en parallèle, ce qui rend possible accidentellement l'enclenchement simultané des 2 relais, mais quand même peu probable.

Polypropylène

Cette matière en épaisseur 15 mm sert à confectionner le dessus des tables de travail en boucherie et salaisons. Vous pourrez, je pense, vous en procurer une chute sans difficulté.

Balsa

Vous pourrez vous procurer ce matériau à la dimension indiquée ou au pire en longueur de 1 mètre chez un vendeur de matériel pour maquette.

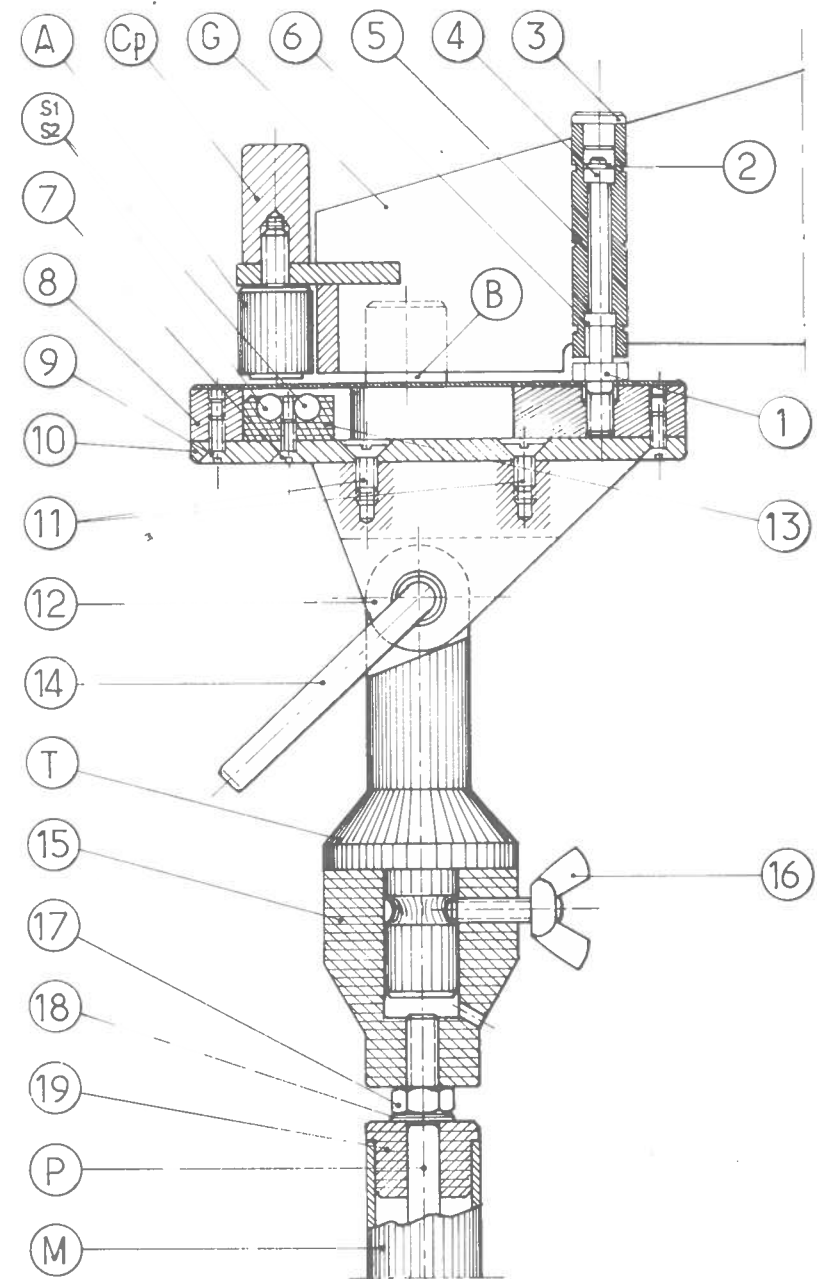


FIG.91 Ensemble girouette

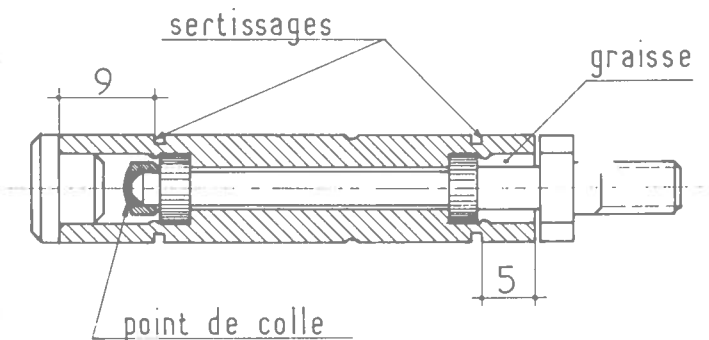


FIG.94 Montage de l'axe de girouette

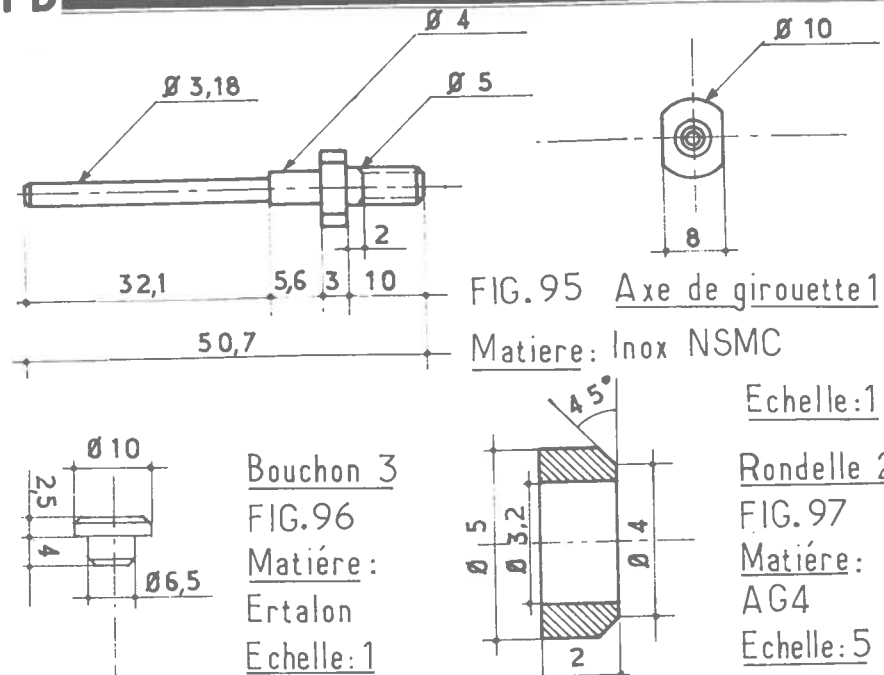


FIG. 95 Axe de girouette 1

Matière: Inox NSMC

Echelle: 1

Rondelle 2

FIG. 97

Matière: AG4

Echelle: 5

Usinage du manchon porte-roulements 5 (fig. 93)

Cette pièce sera usinée au tour dans le rond d'AG4 de \varnothing 12 mm.

• 1° Tourner à la cote extérieure de 12 mm.

• 2° Exécuter la petite rainure de profondeur 5/10 à environ 20 mm de l'extrémité. Cette rainure a pour but de retenir la colle au moment du collage et d'améliorer ainsi la liaison.

• 3° Percer de part en part à \varnothing 4 mm.

• 4° Percer l'extrémité à 6 mm à la profondeur voulue pour pouvoir usiner l'épaulement à la cote de 8 mm.

• 5° Terminer à l'outil à la cote de 6,4 mm en vous servant d'un roulement fixé sur une tige filetée de 3 mm comme gabarit. Le roulement doit rentrer légèrement serré dans son logement. Vous pouvez aussi percer à 6,4 mm avec un foret de cette dimension affûté plat pour réaliser le fond de l'épaulement. Si le roulement rentré avec un peu de jeu, ne vous en faites pas, le sertissage le bloquera.

Bien vérifier que la cote de 8 mm est respectée. Il vaut mieux que la profondeur lui soit supérieure, vous pourrez toujours rectifier par une passe au tour en bout.

• 6° Retourner la pièce et usiner l'autre extrémité de la même façon.

Montage des roulements dans le manchon 5 (fig. 94)

Les roulements, une fois montés sur cette pièce, vous permettront de disposer d'une jauge pour réaliser l'axe 1 à la bonne cote.

• 1° Monter le roulement 6 dans le logement de profondeur 8 mm. Bien l'appliquer au fond sur l'épaulement. S'il est ajusté légèrement serré, il se maintiendra en place tout seul.

• 2° A l'aide d'un coupe-tube que vous pourrez éventuellement emprunter à un plombier, vous réaliserez le sertissage de la façon suivante :

- a) Remplacer la roulette affûtée en biseau de l'outil par une rondelle en acier de dimension sensiblement identique (voir photo 39), épaisseur 1 à 1,5 mm ;

- b) Positionner le manchon dans le coupe-tube, le bord droit de la rondelle à 5 mm de l'extrémité et serrer légèrement ;

- c) Tourner, le coupe-tube autour de la pièce que vous maintiendrez à la main en procédant par petites passes successives. La profondeur de la rainure extérieure ainsi réalisée fera environ 5/10 de mm. Vérifier en cours d'opération que le sertissage sur le roulement est suffisant. Un léger collet doit apparaître à l'intérieur.

• 3° Procéder de manière identique pour l'autre roulement. Les 2 rainures correspondant aux sertissages amélioreront par la même occasion le collage comme la rainure centrale.

Méthode simplifiée pour la réalisation du manchon 5

• 1° Idem première méthode.
• 2° Idem première méthode.
• 3° Percer de part en part à 6,4 mm.
• 4° Exécuter 2 sertissages pour remplacer les épaulements aux cotes 8 et 12 mm.

• 5° Monter les roulements et exécuter les sertissages de blocage des roulements.

Pour ma part, j'ai réalisé cette pièce suivant la première méthode, à vous de choisir.

Usinage de l'axe de girouette 1 (fig. 95)

Cette pièce sera usinée au tour dans le rond d'inox de \varnothing 12 mm.

• 1° Amener la pièce à la cote extérieure de \varnothing 10 mm sur une longueur d'environ 20 mm.

• 2° Retourner la pièce et percer un trou de centrage pour pouvoir la prendre entre pointes.

• 3° Amener la pièce à 4 mm sur la longueur voulue.

• 4° Approcher la cote de \varnothing 3,18 à 3,20 mm.

• 5° Couper la pièce à la longueur à la scie à métaux et rectifier l'extrémité à la lime douce, tour en route, en exécutant le chanfrein visible sur la vue 93 sous le point de colle.

• 6° Terminer de rectifier la cote à \varnothing 3,18 mm à la toile émeri tendue sur une lime douce en vérifiant la cote à l'aide des roulements montés dans le manchon. L'axe doit pénétrer à la main dans les 2 roulements avec du serrage. On doit aussi pouvoir le ressortir sans difficulté.

• 7° Reprendre éventuellement la cote de 5,6 mm si le manchon venait à porter sur l'épaulement de \varnothing 10 mm.

• 8° Retourner la pièce et exécuter l'autre extrémité à la cote de \varnothing 5 mm en laissant la cote de 10 à 15 mm si vous réalisez le filetage à la filière.

• 9° Retourner la pièce et exécuter les méplats à la lime.

• 10° Vous avez 2 solutions pour réaliser le filetage : soit au tour, soit à la filière. Dans ce cas, prendre la pièce dans l'étau par les méplats et couper de longueur après avoir exécuté les filets.

Usinage du bouchon 3 (fig. 96)

Cette petite pièce sera usinée dans le rond d'Ertalon de \varnothing 25 mm. Sa réalisation ne pose pas de problème particulier.

La partie cylindrique de \varnothing 6,5 mm doit rentrer à force dans le manchon 5 pour en assurer l'étanchéité.

Usinage de la rondelle 2 (fig. 97)

La rondelle sera réalisée dans du rond d'AG4 de \varnothing 12 mm.

• 1° Percer à \varnothing 3,2 mm.
• 2° Tourner à la cote de \varnothing 5 mm.
• 3° Exécuter le chanfrein pour que cette partie ne porte que sur la partie fixe intérieure du roulement.
• 4° Scier à la longueur et terminer en frottant la face opposée au chanfrein sur de la toile émeri.

Montage de l'axe de girouette (fig. 94)

• 1° Engager l'axe dans les roulements en faisant porter l'épaulement de \varnothing 4 mm sur le roulement 6.

• 2° Mettre l'ensemble vertical et mettre en place, la rondelle 2 appuyée

sur la partie centrale du roulement supérieur 4.

• 3° Préparer une petite quantité d'Araldite et déposer une goutte avec une allumette sur la rondelle et l'extrémité de l'axe. Faire bien attention de ne pas en mettre à côté. Si, par inadvertance, cela vous arrive, démontez immédiatement et nettoyez avec un chiffon imbibé d'acétone et recommencez l'opération.

• 4° Après polymérisation, en position verticale, mettre en place le bouchon 3.

L'élément le plus difficile à exécuter de par la dimension de ces composants est terminé, le reste offre moins de difficultés.

Usinage du cache-contacts 8 (fig. 98) et ébauche du support 10 (fig. 99)

Cette pièce sera exécutée dans la plaque en AG4 de 10 mm. Elle sera réalisée suivant le même principe que le cache-potentiomètre 58.

• 1° Tracer la pièce suivant la figure 98 après avoir passé une peinture à l'eau sombre sur la plaque.

ATTENTION : Ménager la place pour exécuter les autres pièces.

• 2° Tracer les axes des trous de perçage de découpe de l'évidement.

• 3° Pointer l'ensemble des perçages.

• 4° Réaliser les perçages de découpe à \varnothing 5 mm et les angles à 10 mm. Pour ces derniers, pratiquer un avant-trou de 5 mm.

• 5° Percer à \varnothing 2,5 mm les orifices de 1 à 8 et à \varnothing 4,2 mm l'orifice 9.

• 6° Découper la pièce à la scie à métaux suivant son tracé extérieur en vous servant de la face supérieure des mords de votre étau comme guide.

• 7° Défoncer la pièce et limer l'évidement jusqu'au tracé. Terminer à la lime douce en tirant de long et à la toile émeri. Idem pour les arrondis et l'extérieur de la pièce.

• 8° Ebarber le débouché des perçages restants. Cette pièce va nous servir de guide de perçage pour la plaque support 10 (fig. 99).

La plaque support 10 va être exécutée dans la plaque d'AG4 de 4 mm.

• 9° Tracer les limites extérieures suivant le triangle de la figure 98, cote de base 115 mm, hauteur 110 mm.

• 10° Tracer l'axe central.

• 11° Poser la pièce 8 sur le tracé exécuté, bien la centrer et la serrer sur la plaque de 4 mm avec 2 presses ou étaux à main.

• 12° Percer tous les trous repérés 1 à 6 sur la figure 98 à 2,5 mm en vous servant de la pièce 8 comme guide. Faire attention à ne pas percer les 7, 8 et 9.

• 13° Tracer les arrondis extérieurs, repérer les faces en contact et démonter l'ensemble.

• 14° Percer à \varnothing 3 mm les orifices de 1 à 6 sur la plaque support 10 et fraiser les logements de tête de vis.

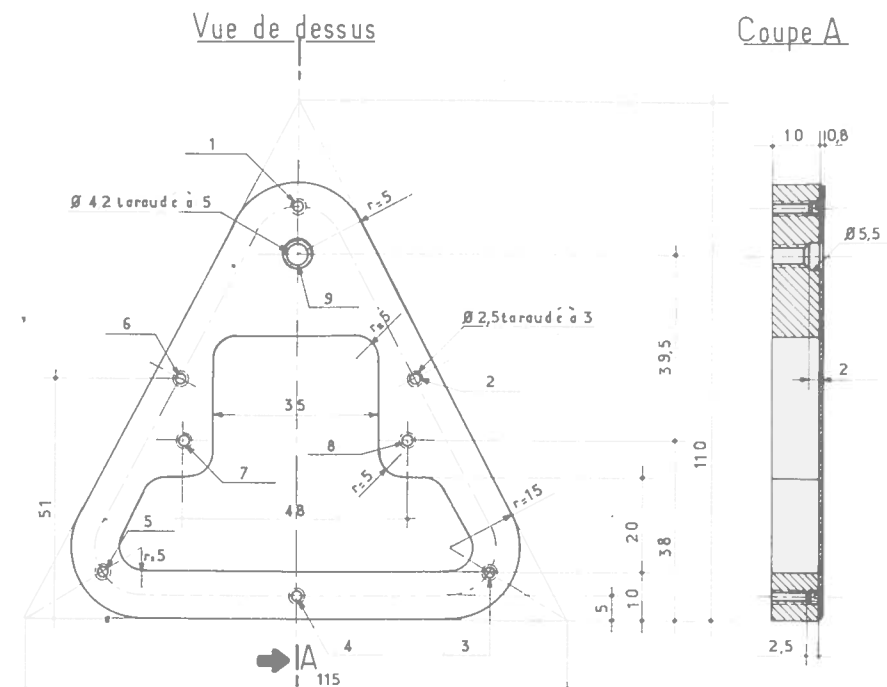


FIG. 98 Cache contacts 8 Matière: AG4

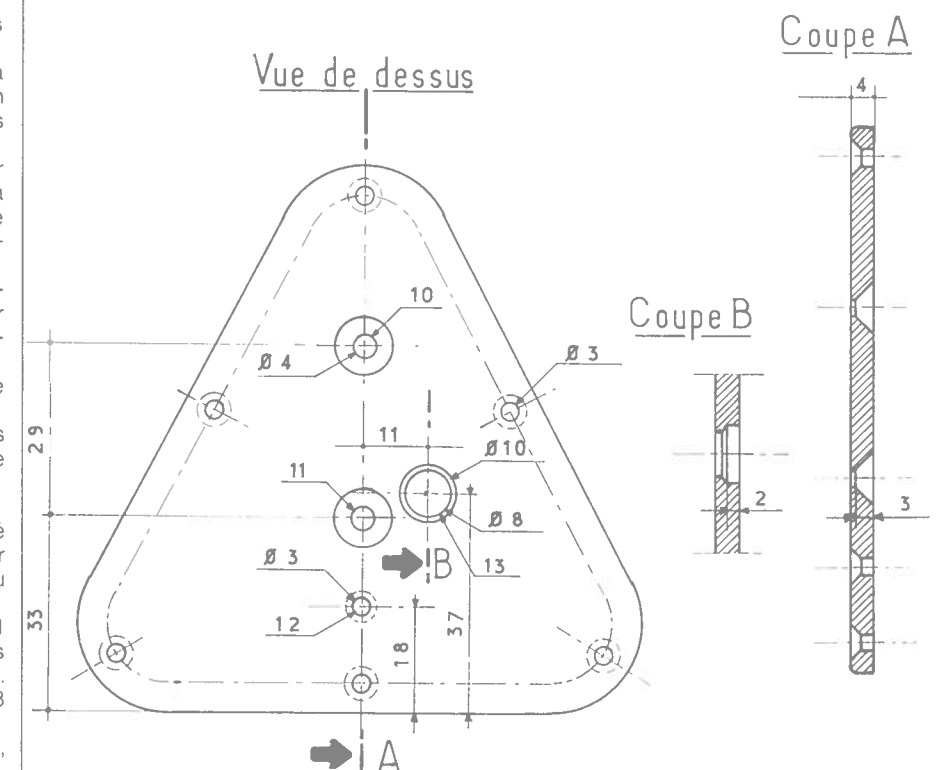


FIG. 99 Support 10 Matière: AG4

- 15° Découper la pièce suivant le tracé extérieur et approcher le tracé à la lime.
 - 16° Remonter les pièces 8 et 10 en mettant 6 vis en place. Terminer d'affleurer les 2 pièces à la lime et à la toile émeri. Démonter les 2 pièces.
- Pour être sûr de ne pas avoir de problème de mise en place du support de contacts magnétiques, nous allons tenter de le réaliser et nous en servir comme gabarit de perçage pour l'orifice 12.

Usinage des supports des contacts 13 (fig. 100)

- Cette pièce sera exécutée dans le morceau de polypropylène.
- 1° Tracer, scier et dresser la pièce aux cotes extérieures de l'ébauche (fig. 100, partie de gauche).
 - 2° Tracer les axes des trous de 5 mm et les percer d'abord à 2,5 mm puis à 5 mm. Attention à leur parallélisme avec la face intérieure.
 - 3° Scier et dresser à la cote de 9 mm (partie droite, fig. 100). Ebarber à la lame de rasoir les arêtes des perçages.
 - 4° Tracer l'axe du perçage de 2,5 mm, bien centrer entre les 2 perçages horizontaux.
 - 5° Percer à 2,5 mm.
 - 6° Vérifier que les contacts coulisent-serrés dans leur logement.

Fin de l'usinage du cache-contacts 8 et de l'ébauche du support 10 (voir photo 39 bis, vue intérieure de la pièce terminée)

- 17° Positionner le support de contacts 13 dans l'évidement de la pièce 8 en l'appuyant contre la partie avant (fig. 91) et en la centrant par rapport à l'axe central.
- 18° La maintenir en position à l'aide d'une presse et percer à 2,5 mm la plaque 10 en vous en servant comme guide.
- 19° Démonter, tarauder à 3 mm le support 13 et exécuter le chanfrein suivant la figure 100. Ce chanfrein doit être sur la partie avant (voir fig. 92). Cette pièce est terminée.
- 20° Démonter la pièce 8 et la pièce 10.
- 21° Prendre la plaque de tôle « Isoxal » de 8/10 et y tracer le pourtour extérieur de la pièce 8.
- 22° Découper la plaque de 8/10 approximativement à la cote, à la cisaille, en vous laissant 3 mm environ en dehors du tracé. Assurez-vous de sa planéité et dressez-la au maillet si nécessaire.
- 23° Couper les 6 vis à tête fraisée de 3 mm à la longueur hors tout de 9 mm et reformer les extrémités.
- 24° Récupérer l'extrémité de chaque vis et couper 8 tronçons de 2,5 à 3 mm et donner un trait de scie dans chaque pour réaliser une fente de tournevis.

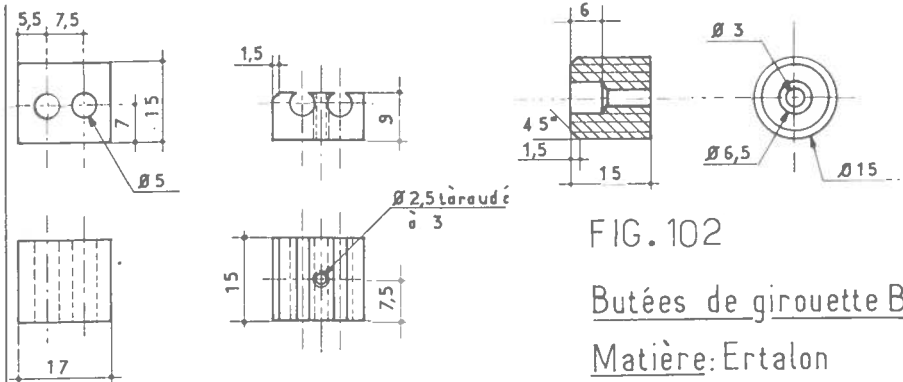


FIG. 102
Butées de girouette B
Matière: Ertalon
Nbre: 2

FIG. 100 Support des contacts 13

Matière: Polypropylène

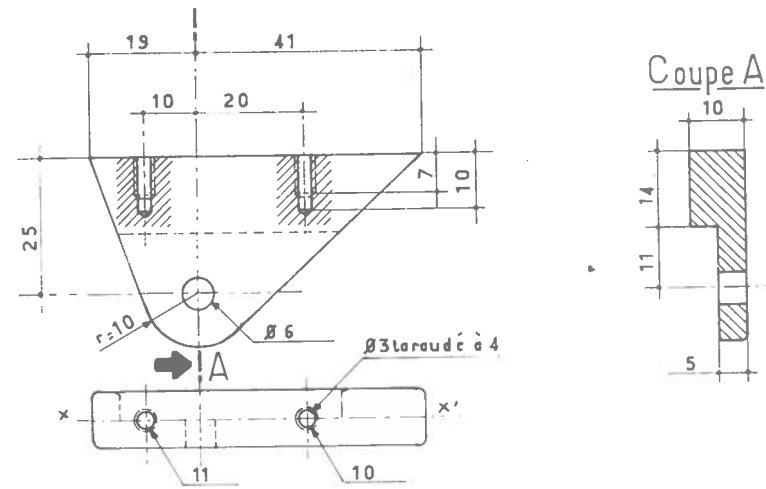


FIG. 101 Support 12 Matière AG4

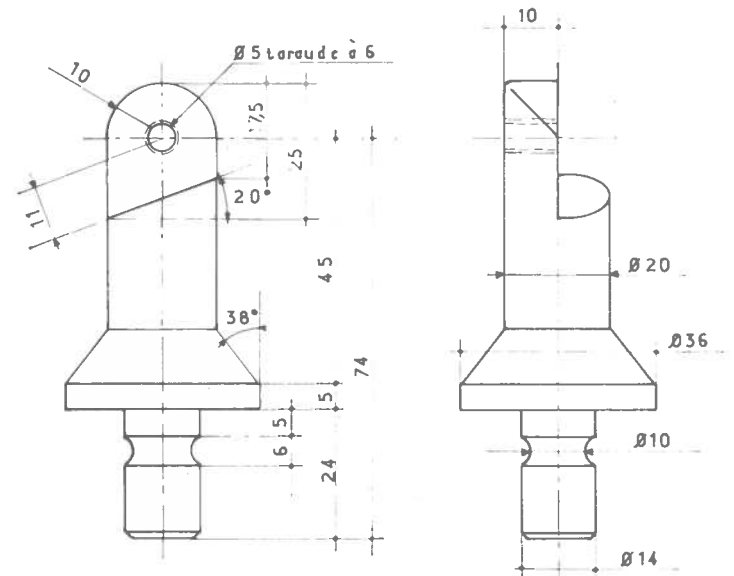


FIG. 103 Tourillon T Matière: Ertalon

- 25° Visser à fleur de la partie supérieure du cache les 6 tronçons de vis (fig. 98, coupe A).
- 26° Dégraisser parfaitement la plaque de 8/10 et la pièce 8 à l'acétone ou au trichloréthylène.
- 27° Reprendre les opérations 17 à 23 du chapitre « Usinage du cache 58 et perçage du couvercle du coffret 56 », p. 50.
- 28° Percer à 4,2 mm l'orifice 9 dans la plaque de 8/10.
- 29° Tarauder à 5 mm.
- 30° Percer à 5,5 mm sur 2 mm environ suivant la coupe A de la figure 98. Assurez-vous que l'extrémité taraudée de l'axe de girouette se visse parfaitement. Approfondir le perçage si nécessaire.

NOTA: Pour cette opération de perçage, n'appuyez pas brutalement sur votre levier de perceuse, vous risquez d'engager brutalement le foret, et de percer ainsi plus profondément que vous ne le voulez. Si vous avez une butée réglable sur votre support de perceuse, servez-vous-en, vous ne risquez pas ainsi de fausse manœuvre.

Cette pièce est terminée, il ne reste qu'à l'anodiser.

Usinage de la plaque support 10 (fig. 99)

- Cette pièce est déjà bien ébauchée, il ne reste plus qu'à exécuter le passage de câble (13) et les logements de vis (10, 11, 12).
- 1° percer l'orifice (12) à Ø 13 mm et fraiser le logement de la tête de vis.
 - 2° Tracer les axes des 3 perçages restant à exécuter. Pour le perçage 13 bien respecter la cote de 11 mm pour éviter que la sortie de câble ne se trouve coincée sous le cache 8.
 - 3° Pointer et percer l'ensemble à Ø 4 mm.
 - 4° Fraiser le logement des têtes de vis 10 et 11 à une profondeur de 3 mm. Ceci vous permettra de recouvrir d'Araldite par la suite les 2 têtes de vis pour éviter leur disparition à l'anodisation. L'incox ne supporte pas de tout ce traitement.
 - 5° Percer l'orifice 13 à Ø 8 mm, puis à Ø 10 mm sur 2 mm. Même remarque que pour l'opération 20 du chapitre « Fin d'usinage du cache-contacts 8 ».
 - 6° Monter le support de contacts 13 et vérifier que le tout se monte sur le cache-contacts 8 sans difficulté. Rectifier le support 13 si besoin est.
 - 7° Démonter l'ensemble, cette pièce est terminée.

Usinage du support 12 (fig. 101)

- Cette pièce sera exécutée dans l'AG4 de 10 mm.
- 1° Tracer la pièce telle que représentée à la figure 101.
 - 2° Découper et dresser les chants à la lime jusqu'au tracé. Attention à

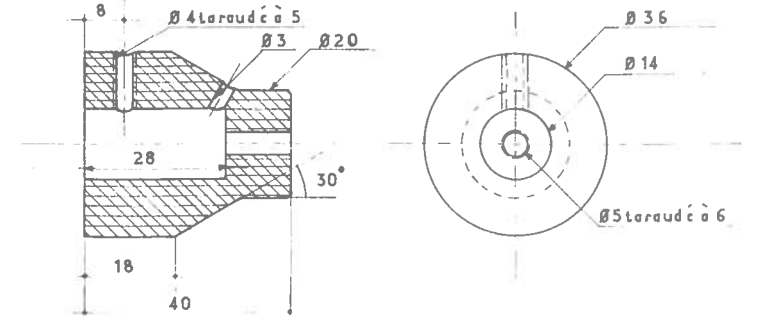


FIG. 104 Tête de pivot 15 Matière: Ertalon

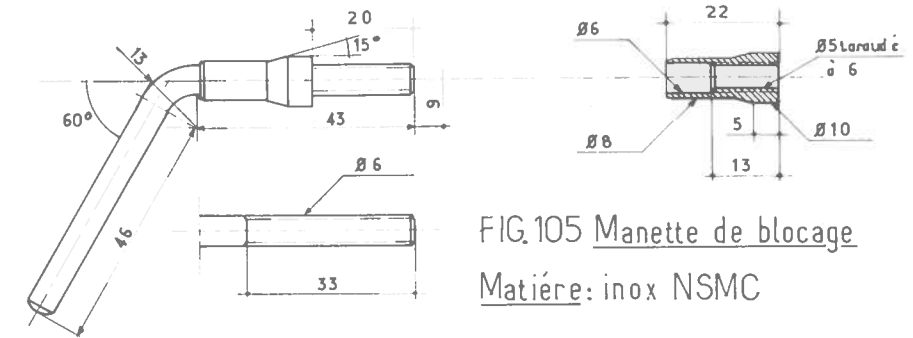


FIG. 105 Manette de blocage Matière: inox NSMC

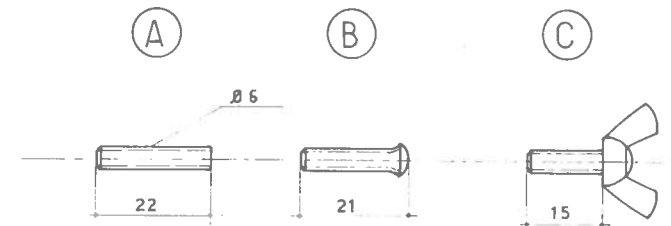


FIG. 106 Vis de blocage 16 Matière: inox NSMC

l'équerrage de la face d'appui sur le support 10.

- 3° Tracer au trusquin l'axe médian XX' ainsi que la découpe en demi-épaisseur.
- 4° Tracer le trou repère 11, pointer et percer à Ø 3 mm à la profondeur de 10 mm.
- 5° Tarauder à 4 mm.
- 6° Pointer et percer à Ø 6 mm le passage de la manette 14.
- 7° Tarauder l'orifice 11.
- 8° Monter le support 12 sur la plaque 10 en serrant la vis 11. Bien aligner l'axe XX' dans l'axe de l'orifice 10.
- 9° Percer l'orifice 10 à Ø 4 mm à la profondeur de 10 mm.
- 10° Démonter les 2 pièces et tarauder le perçage 10.
- 11° Scier la découpe en demi-épaisseur, dresser à la lime et terminer à la toile émeri.

- 12° Exécuter les arrondis de finition et terminer le chant à la lime en tirant de long. Finir à la toile émeri.

Montage et collage des pièces 10 et 12.

- Ces 2 pièces vont être collées à l'Araldite pour assurer une liaison parfaite.
- 1° Dégraisser les pièces.
 - 2° Préparer le mélange d'Araldite et encoller la face d'appui du support vertical 12, monter les 2 pièces et serrer fortement les vis 11.
 - 3° Nettoyer les bavures de colle avec un chiffon imbibé d'acétone.
 - 4° Noyer les têtes de vis dans l'Araldite sans faire déborder la colle.
 - 5° Passer l'ensemble au four à 50° pendant deux heures. Prendre soin de positionner la plaque 10 horizontalement.

La colle se fluidissant dans un premier temps à la chaleur pourrait couler des logements des têtes de vis. A la sortie du four, la pièce est prête pour l'anodisation.

● 6° Procéder à l'anodisation du cache-contacts 8 et des supports 10 et 11.

Usinage des butées de girouette B (fig. 102)

Ces 2 pièces seront exécutées au tour dans le rond d'Ertalon de Ø 25 mm. L'exécution de ces 2 pièces ne pose aucune difficulté particulière.

Usinage du tourillon T (fig. 103).

Cette pièce sera réalisée au tour dans le rond d'Ertalon de Ø 40 mm. Son usinage est simple.

● 1° Tourner la pièce à la longueur hors tout de 84 mm.

● 2° Tracer l'axe médian de la découpe en demi-épaisseur suivant les génératrices au trusquin.

● 3° Porter sur ces 2 génératrices les cotes de 17,5 à 25 mm.

● 4° Positionner la pièce dans l'étau à l'inclinaison voulue, à l'aide d'un réglet posé à plat sur les mors. Les points délimités sur les génératrices venant en concordance avec le dessus du réglet.

Tracer la coupe à réaliser entre ces 2 points par rotation du réglet autour de la pièce.

● 5° Scier la pièce suivant les tracés réalisés.

● 6° Terminer à la râpe fraise le surfacage des 2 coupes.

● 7° Tracer l'axe de l'orifice de 5 mm et pointer.

● 8° Tracer au compas de tôlier

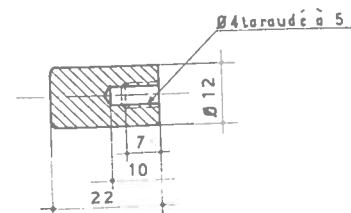


FIG.107 Contrepoids Cp

Matière: plomb

l'arrondi et limer jusqu'au tracé à la râpe fraise.

● 9° Percer à Ø 5 mm bien perpendiculaire à la coupe suivant l'axe et tarauder à 6 mm.

● 10° Monter à l'aide d'une vis de 6 le support 12 sur le tourillon et vérifier que ce support ne porte pas sur l'épaulement. Dans le cas contraire, limer la face en coupe biaise et terminer à la toile émeri fine.

Usinage de la tête de pivot 15 (fig. 104)

Cette pièce sera réalisée au tour dans le rond en Ertalon de Ø 40 mm.

● 1° Tourner en premier lieu la partie droite de la pièce et percer à Ø 5 mm sur 45 mm.

● 2° Retourner la pièce et percer le logement du tourillon avec un foret de Ø 13 mm.

● 3° Terminer à l'outil et aléser jusqu'à la cote voulue en vous servant du tourillon comme gabarit. Ce dernier doit

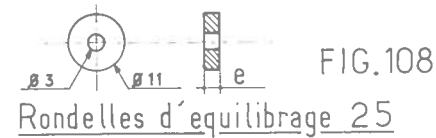


FIG.108 Rondelles d'équilibrage 25

Matière: plomb

pénétrer avec un léger serrage lui permettant de tourner à la main en forçant légèrement. Cela vous permettra ainsi d'effectuer les réglages d'orientation du socle de girouette sans décalage possible entre 2 réglages. La vis de blocage 16 ne servant qu'au maintien en position définitive suivant l'allure choisie.

● 4° Tarauder le perçage central à 6 mm.

● 5° Tracer et percer à Ø 4 mm, le passage de la vis de blocage 16. Bien respecter la cote de 8 mm pour être sûr que la vis portera au centre de la gorge.

● 6° Tarauder à Ø 5 mm.

● 7° Tracer et percer à Ø 3 mm le trou de vidange.

Usinage de la manette de blocage (fig. 105)

Cette pièce composée de 2 éléments sera exécutée à partir du rond d'incox de 6 mm et du rond d'incox de 12 mm.

● 1° Fileter le rond d'incox sur environ 40 mm et couper la partie filetée à 33 mm. La partie d'amorçage du filet sera ainsi éliminée.

● 2° Prendre la pièce dans l'étau avec des mordaches en alu et plier au maillet l'autre extrémité suivant l'angle indiqué.

● 3° Scier à la longueur, arrondir la queue à la lime et terminer à la toile émeri fine.

● 4° Tourner d'abord à 5 puis à 6 mm suivant la profondeur indiquée. Polir à la toile émeri fine tour en route.

● 5° Couper de longueur, dresser et tarauder à 6 mm.

● 6° Visser jusqu'au blocage l'écrou sur la tige de 6 mm en le serrant dans l'étau entre deux mordaches en alu.

● 7° Polir l'ensemble.

Usinage de la vis de blocage 16 (fig. 106)

L'exécution de cette pièce en 2 éléments se fera avec la tige filetée de 5 mm et l'écrou à oreille en inox.

● 1° Couper de longueur suivant A.

● 2° Serrer fortement la tige verticalement dans l'étau entre 2 mordaches en alu et mater l'extrémité en tête de rivet suivant B.

● 3° Polir la tête de rivet à la toile émeri.

● 4° Visser l'écrou à oreille à la main jusqu'au blocage. Reprendre la tige filetée dans l'étau comme précédemment et bloquer l'écrou à l'oreille à l'aide d'une clé à molette.

L'ensemble support étant terminé,

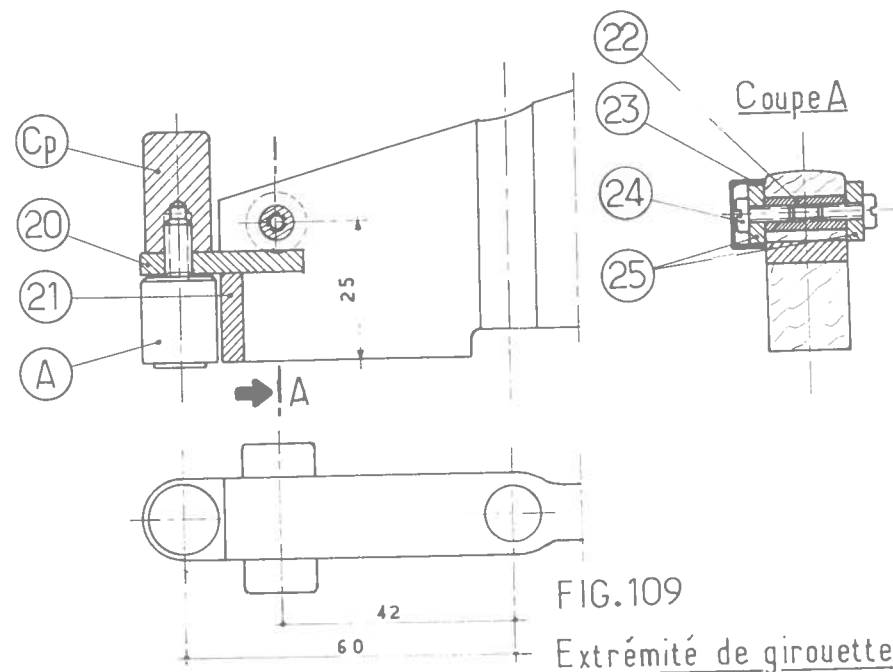


FIG.109 Extrémité de girouette

nous allons passer à l'exécution des pièces accessoires de la pale.

Usinage du contrepoids CP (fig. 107)

Ce contrepoids sera exécuté dans du rond de plomb de Ø 12 mm. Ce rond peut être exécuté par simple coulage dans un morceau de tube cuivre de 12/14 bouché à une extrémité par un bouchon de papier bien comprimé. Après coulage, chasser la pièce de son moule avec une tige de métal.

● 1° Dresser les 2 extrémités à la râpe et à la lime, à la longueur de 22 mm, ou mieux, au tour. Arrondir une extrémité.

● 2° Percer au tour à Ø 4 mm puis tarauder à la main à 5 mm.

● 3° Polir l'ensemble à la toile émeri pour en améliorer l'aspect.

Usinage des rondelles d'équilibrage 25 (fig. 108)

Ces rondelles seront exécutées dans le reste de rond de plomb de Ø 12 mm.

● 1° Le prendre au tour et le réduire à 11 mm à la lime fraise tour en route ou à l'outil. Les cabochons en plastique gris

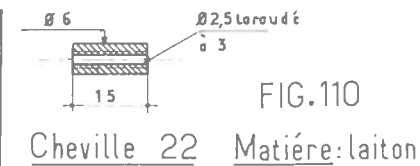


FIG.110 Cheville 22 Matière:laiton

recupérés dans le coffret plastique devront s'emmancher en force dessus (voir fig. 109).

● 2° Percer sur 15 mm à Ø 3 mm et dresser l'extrémité à la lime ou au tour.

● 3° Scier une rondelle de 3 mm. Répéter l'opération pour la 2^e rondelle.

Ces 2 rondelles d'équilibrage n'auront pas la même épaisseur e suivant le déséquilibre à rectifier, l'épaisseur sera ajustée au montage.

Usinage de la cheville 22 (fig. 110)

Réaliser cette pièce au tour dans le rond de laiton de 6 mm.

Dresser les faces, percer à Ø 2,5 mm et tarauder à Ø 3 mm.

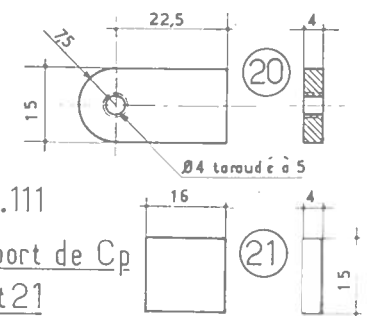


FIG.111 Support de Cp 20 et 21 Matière:AG4

Usinage des supports de contrepoids 20 et 21 (fig. 111)

Ces pièces seront exécutées dans le reste d'AG4 de 4 mm, suivant les cotes de la figure 111. Leur exécution ne pose aucun problème particulier. Ces pièces ne seront pas anodisées et elles seront exécutées à la lime sans ponçage à la toile émeri. Leur aspect de surface strié permettra un meilleur accrochage de la résine dont ils seront recouverts par la suite.

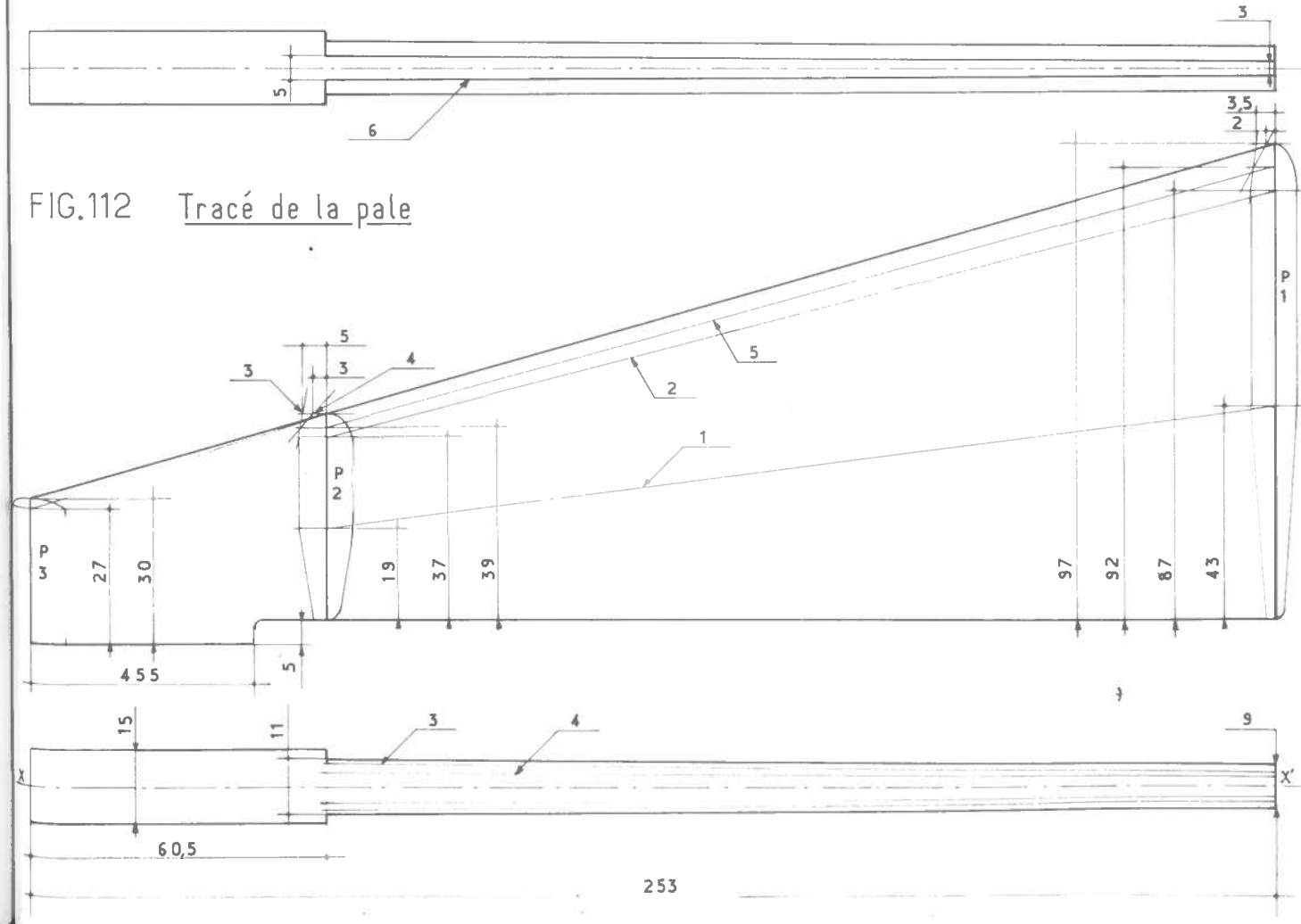


FIG.112 Tracé de la pale

EXÉCUTION DE LA PALE DE GIROUETTE G (fig. 112 et 113)

Pour réaliser cet élément, nous prendrons la planchette de balsa de 15 mm. Après avoir fait de la mécanique, de l'électronique et de l'électricité, nous allons faire de la menuiserie, ainsi tout y sera passé. La seule difficulté de cette pièce réside dans le perçage de $\varnothing 10$ mm pour le passage de l'axe de rotation. Percer dans du balsa sur cette longueur, ce n'est pas évident mais on y arrive quand même en prenant certaines précautions. La raison essentielle du choix du balsa c'est sa légèreté.

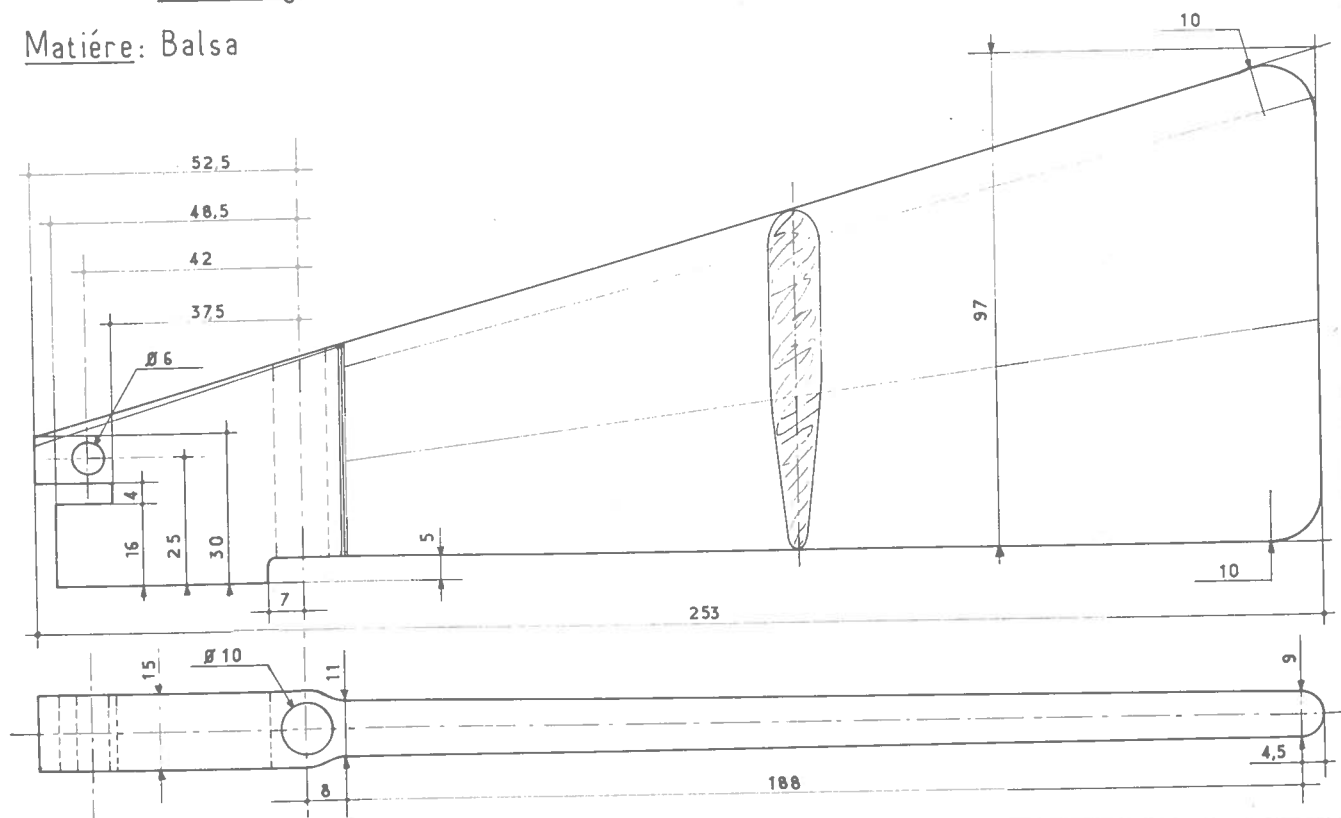
En effet, cet organe de détection pour avoir une bonne sensibilité doit avoir le moins d'inertie possible. Le contrepois CP servant à équilibrer le haut de la pale par rapport à l'axe de rotation, sera d'autant plus faible que le poids de la partie profilée sera petit à surface de portance égale.

On pourrait améliorer éventuellement cette pale en évitant la partie intérieure et en collant des joues en balsa de 1,5 à 2 mm de chaque côté ou en la construisant dans le principe des ailes de maquette d'avion, mais on diminue aussi sa solidité. Malgré tout, la pale que je vous propose reste d'une bonne sensibilité et fonctionne par vent faible.

Pour faciliter son exécution, je vous donne, à la figure 112, le principe des tracés successifs.

FIG.113 Pale de girouette G

Matière: Balsa



Tracé et ébauche de la pale

- 1° Tracer les contours extérieurs de la pièce suivant les cotes indiquées.
- 2° Découper à la scie sauteuse à main à lame fine ou avec une lame de scie à métaux montée directement sur une poignée comme une égoïne.
- 3° Dresser à la lime tous les chants en respectant l'équerrage.
- 4° Tracer l'axe médian XX' sur la périphérie de la pièce.
- 5° Tracer l'axe de profil P2 à 60,5 mm.
- 6° Tracer l'épaisseur 11 du profil P2 et l'épaisseur 9 du profil P1 de part et d'autre de la pale.
- 7° Approcher jusqu'au tracé à la râpe puis à la lime en vérifiant avec l'arrête d'une équerre la planéité des 2 faces. Manier la râpe avec précaution car on a vite fait d'enlever de l'épaisseur plus qu'on ne l'aurait souhaité.
- 8° Tracer les traits 1 et 2 sur chaque face ainsi que le trait 3 sur le bord d'attaque et le trait 6 sur le bord de fuite (position du trait 3 côté sur les profils P1 et P2).
- 9° Tracer le profil P1 en bout de pale.
- 10° Râper et limer jusqu'au tracé côté bord de fuite.
- 11° Limer côté bord d'attaque entre les traits 2 et 3.
- 12° Tracer côté bord d'attaque les traits 4 et 5 et limer jusqu'au tracé.

Votre pale est maintenant dégrossie,

passons à la réalisation des logements des accessoires.

Perçage du passage d'axe

- 1° Tracer l'axe côté bord d'attaque à 52,5 mm de l'extrémité, côté contrepois.
- 2° Tracer aussi les axes sur les 2 faces de la pièce.
- 3° Fixer votre étau de perceuse sur le marbre et monter un foret de $\varnothing 5$ mm.
- 4° Serrer la pièce dans l'étau, la partie plate côté bord de fuite posée bien à plat sur les glissières de l'étau. Vérifiez le parallélisme du foret avec le trait d'axe.
- 5° Positionner le foret et percer de part en part. Si votre guide de perceuse a du jeu, pousser le moteur latéralement à droite ou à gauche avant de centrer le foret et maintenez la poussée en perceant.
- 6° Percer ensuite à $\varnothing 10$ mm de la même façon à vitesse lente en engageant doucement le foret jusqu'au débouché.

Exécution des logements de support de CP et des rondelles d'équilibrage

- 1° Tracer et découper les logements des pièces de support.
- 2° Limer et ajuster les pièces en place. Bien respecter l'équerrage. Monter provisoirement le contrepois et l'aimant sur le support horizontal et

vérifier que ces éléments vont parfaitement en place.

- 3° Tracer et percer le trou de 6 mm.

Montage des supports 20, 21 et de la cheville 22

- 1° Préparer de l'Araldite et coller les pièces 20 et 21 entre elles et sur le balsa.
- 2° Enduire la cheville 22 et la glisser en place.
- 3° Mettre la pièce au four en position verticale.
- 4° Après polymérisation de la colle, passer éventuellement un taraud de $\varnothing 3$ mm dans la cheville au cas où de l'Araldite aurait coulé dans les filets.

Finition de la pale

- 1° Tracer l'arrondi côté bord d'attaque au-dessus de la cheville et limer jusqu'au tracé.
- 2° Réaliser à la râpe fine et à la lime l'arrondi autour du trou d'axe de $\varnothing 10$ mm.
- 3° Arrondir l'extrémité de pale côté profil P1.
- 4° Poncer l'ensemble au papier de verre en arrondissant les différents angles suivant la figure 113 et dégraisser l'ensemble avec un chiffon et de l'acétone. Pour durcir la surface de la pale, nous allons l'enduire d'une couche de résine, puis de 2 couches de vernis de polyester teinté.
- 5° Préparer un fond de résine KR de chez SOLOPLAST avec durcisseur.
- 6° Enduire la pale ainsi que les pièces en métal.
- 7° Après polymérisation, poncer l'ensemble.
- 8° Préparer du vernis LT de chez SOLOPLAST avec durcisseur et pâte colorante de votre choix, et enduire la pale. Laisser durcir, reponcer et recommencer l'opération. Vous pouvez rajouter une 3^e couche si besoin est.
- 9° Poncer au papier à l'eau fin, puis à la pâte à polir. Vous devez obtenir un brillant parfait.
- 10° Dégraisser et enduire les 2 lèvres de l'aimant A d'une couche de vernis LT.

Collage de la pale sur son axe

- Pour cette opération, nous allons monter le contrepois CP et l'aimant A.
- 1° Visser l'aimant dans le support 20 au maximum, en mettant les 2 lèvres parallèles en relief de l'aimant, dans l'axe longitudinal de la pale. Si vous les mettez perpendiculaires, les contacts ne fonctionneront pas.
- 2° Bloquer en position en vissant le contrepois qui fait aussi office de contre-écrou.
- 3° Monter l'axe 1 sur le cache-contacts 8 et le bloquer ainsi que les 2 butées B.
- 4° Enduire le manchon porte-roulements d'Araldite ainsi que l'intérieur de son logement dans la pale.

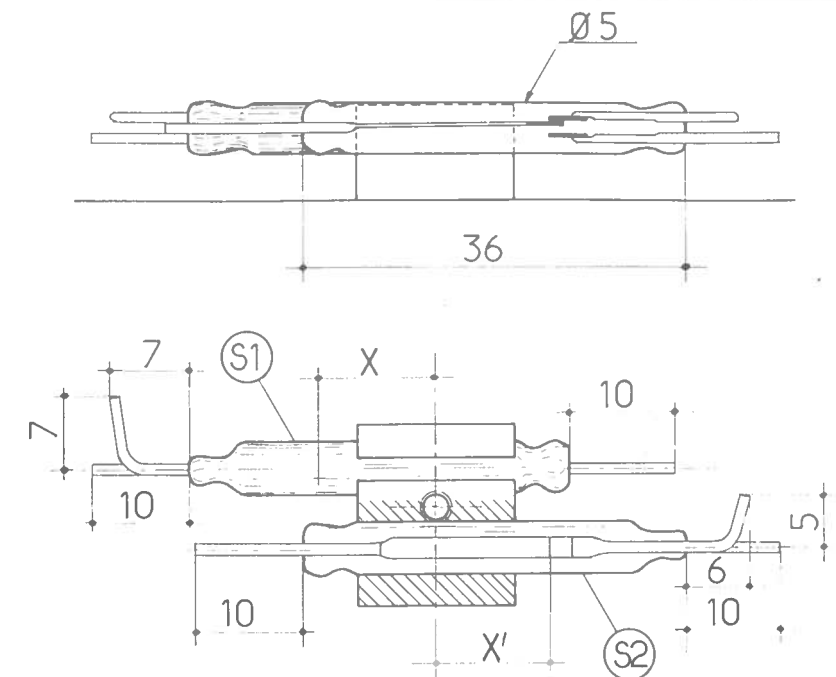


FIG.114 Positionnement des "ILS"

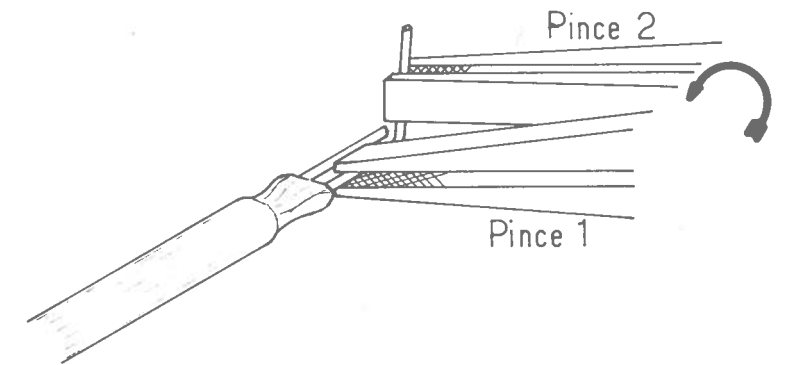


FIG.115 Pliage des conducteurs des "ILS"

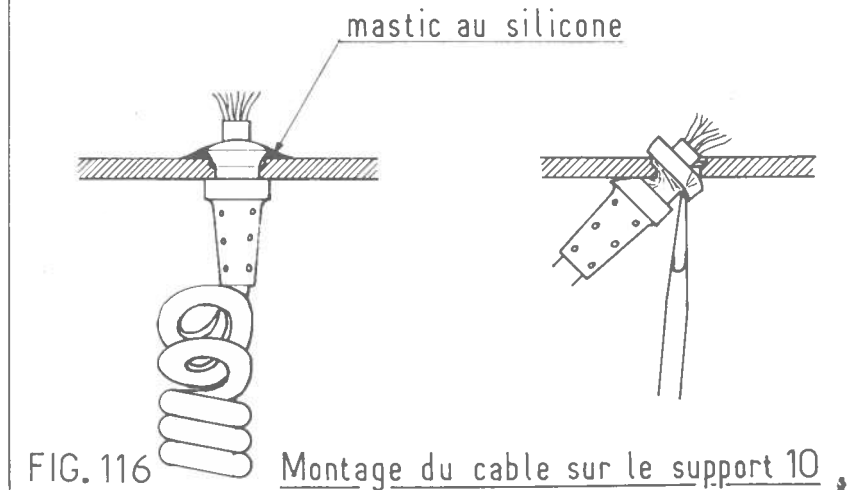


FIG.116 Montage du câble sur le support 10

● 5° Engager le manchon en place de façon que les lèvres de l'aimant arrivent à environ 0,5 à 0,8 mm maxi de la plaque.

S'assurer que l'aimant ne frotte pas sur la plaque dans toute la zone de son débattement. Rectifier l'écartement si besoin est.

Si l'axe 1 est parfaitement perpendiculaire à la face du cache, vous ne devez pas avoir ce problème.

● 6° Nettoyer avec un chiffon imbibé d'acétone les débordements et les traces extérieures d'Araldite.

● 7° Caler la pale dans la position obtenue par une petite cale en papier plié et passer l'ensemble au four à 50° C pendant deux heures.

Équilibrage de la pale de girouette

(voir photo 40 et fig. 109)

Cet équilibrage réalisé par les rondelles 25 a pour but de maintenir la pale en position verticale parfaite, quand l'axe de rotation est en position horizontale. Cette correction ne serait pas nécessaire si le centre de gravité de la pale était parfaitement placé dans son axe longitudinal. Mais certaines imperfections de construction décalent à droite ou à gauche de l'axe le centre de gravité, notamment le perçage mal centré du passage d'axe et le perçage de fixation de l'aimant.

On pourrait se contenter d'une seule rondelle d'équilibrage, montée du côté opposé au décalage du centre de gravité mais, pour des raisons d'esthé-

tique, j'ai monté une rondelle de chaque côté.

La rondelle placée du côté opposé au centre de gravité étant plus épaisse pour rétablir l'équilibre.

Nous allons procéder à cet équilibrage :

● 1° Prendre l'angle gauche ou droite du cache-contacts 8 dans l'étau en interposant du carton entre la pièce et les mors. L'axe de rotation de la pale est ainsi horizontal.

Aligner horizontalement les butées pour que l'axe central du cache-contacts soit vertical.

● 2° Marquer au crayon le bas de l'axe central sur la plaque du cache-contacts ainsi que l'axe médian de la pale sur l'aimant. Il suffira de mettre ces 2 traits en concordance pour que l'équilibrage soit bon.

● 3° Le trait d'axe de la pale s'écartera du trait d'axe du cache soit à droite soit à gauche. Prenons le cas où il s'écarte à gauche. Monter une de ses rondelles d'équilibrage d'épaisseur 3 mm à gauche et monter à droite la 2° rondelle en diminuant progressivement à la lime son épaisseur jusqu'à ce que les 2 traits soient en concordance.

● 4° Monter les 2 cabochons en plastique pour masquer les rondelles et les vis après avoir bloqué ces dernières.

MONTAGE ET RÉGLAGE DES CONTACTS S1 ET S2

(fig. 114) (voir photo 41)

La première opération consiste à plier les conducteurs des contacts, mais

attention à la casse ! Il est obligatoire de faire cette opération avec deux pinces.

● 1° Repérer tout d'abord la partie du contact devant se trouver dessus. La borne en contact avec la lamelle centrale doit se trouver en haut. Le champ magnétique créé au passage de l'aimant repousse la lamelle vers le bas.

● 2° Plier les bornes suivant la figure 114 et couper de longueur à la pince coupante.

Pour plier, procéder de la façon suivante : prendre le fil conducteur avec la première pince placée au ras de la cartouche de verre et plier avec la deuxième pince suivant la figure 115.

N'essayez surtout pas de plier directement sans maintenir le fil à la sortie de l'ampoule. La capsule de verre ne résistera pas, je vous en parle en connaissance de cause.

● 3° Glisser les contacts dans leur logement avec précaution.

● 4° Les cotes x et x' seront de 8 mm pour une zone neutre de 10° et de 11 mm pour une zone neutre de 14°. L'expérience m'a montré qu'il valait mieux s'en tenir à 10° pour accroître la sensibilité par vent faible.

● 5° Pulvériser un peu de vernis sur le dessus du support et des « ILS » pour les bloquer en position.

● 6° Les monter sur le support 10 et visser provisoirement le cache pour vérifier le bon fonctionnement des contacts. Au passage de l'aimant, vous devez entendre le déclic du contact. Comme je vous l'ai indiqué, au début de cet exposé, les points d'enclenchement et les points de déclenchement sont

décalés l'un par rapport à l'autre, à cause du phénomène d'hystérésis. Ce décalage est en pratique d'environ 2°.

● 7° Après contrôle, démonter l'ensemble.

Mise en place du cordon de téléphone (fig. 116)

(voir photo 41)

Ce cordon est un conducteur torsadé, standard, reliant le poste au combiné écouteur et micro. Il comporte en général, à une extrémité, 4 fils d'égale longueur se montant sur le poste lui-même. Le manchon souple vulcanisé sur le câble comporte une partie carrée et une partie ronde, séparées par une gorge dans laquelle se loge la paroi du boîtier moulé du poste.

C'est cette partie qui sera montée sur le support 10 suivant la figure 116.

● 1° Cette partie carrée sera arrondie à la lame de rasoir suivant le cercle inscrit d'environ 11 mm de diamètre et talquée.

● 2° Engager une partie de cette collerette dans l'orifice 13 de 8 mm après avoir talqué les deux pièces. La collerette devra s'épanouir dans l'évasement de 10 mm. Pousser tout autour avec la pointe d'un petit tournevis jusqu'à ce que la collerette soit passée de l'autre côté.

● 3° Si vous avez un peu décheté la collerette supérieure, vous avez la possibilité de la réformer en l'aplatissant légèrement avec la panne d'un fer à souder, pas trop chaud. Le plastique fondra et se ressoudera de lui-même.

● 4° Couper le fil bleu à la longueur et dénuder son extrémité. Ces conducteurs sont composés pour avoir une bonne souplesse, d'une tresse de cuivre avec un mélange de fibre synthétique. Malgré cela, on arrive quand même à les souder correctement. Souder le fil bleu sur la borne 3.

● 5° Couper le fil rouge à la longueur et dénuder son extrémité. Souder sur la borne 5. Idem pour fil vert sur borne 1.

● 6° Relier par un fil isolé la borne supérieure de S1 à la borne centrale de S2. Le raccordement des contacts est maintenant terminé. Nous pouvons raccorder l'autre extrémité du cordon au boîtier.

Raccordement du cordon au boîtier et essais

● 1° Les extrémités des conducteurs comportent des cosses ouvertes en deux branches. Couper toutes les branches de droite, la cosse étant présentée avec le conducteur dessus.

● 2° A cette extrémité, le cordon présente deux tétons rectangulaires. Il va falloir les faire passer successivement dans les différentes pièces du presse-étoupe.

Démonter l'écrou, la rondelle et le joint souple du presse-étoupe et les enfiler dans l'ordre sur le câble.

● 3° Faire passer les deux tétons et la tête du câble dans la pièce fixe du presse-étoupe à l'aide d'un petit tourne-vis.

● 4° Remonter et serrer.

● 5° Raccorder au bornier le fil vert sur 1, le fil bleu sur 3, le fil rouge sur 5.

● 6° Remonter provisoirement le cache-contacts 8. Brancher le coffret et manœuvrer la pale. Le contact S1 doit enclencher le relais 8. Le contact S2 doit enclencher le relais 17.

En cas d'inversion, inverser les fils rouge et bleu et jaune et noir. Le contact S1 doit faire tourner le tambour dans le sens des aiguilles d'une montre pour un observateur placé en face.

● 7° Démonter le cache-contacts.

MONTAGE DÉFINITIF DU CACHE-CONTACTS SUR SON SUPPORT

● 1° Nettoyer les surfaces en contact des deux pièces 8 et 10 avec un chiffon et de l'acétone.

● 2° Pulvériser du vernis sur les soudures, le fil et les contacts et laisser sécher une heure environ.

● 3° Déposer un cordon de mastic au silicone sur la périphérie du cache-contacts 8 en englobant les orifices taraudés de fixation par l'intérieur et l'extérieur.

● 4° Monter rapidement le support 10 avant que le mastic ne commence à durcir et mettre en place l'ensemble des vis en commençant par les 3 vis d'angle, puis bloquer l'ensemble.

● 5° Nettoyer à l'acétone les bavures de mastic à la périphérie des pièces.

L'ensemble girouette est totalement terminé, il ne nous reste plus qu'à réaliser le mât et les différentes pièces de fixation.

Abonnez-vous au mensuel

LOISIRS NAUTIQUES

une véritable encyclopédie de l'architecture et de la construction navales de plaisance

Chaque mois des articles techniques sur la construction amateur et professionnelle des bateaux de plaisance, du kit, à la coque nue à la barre en main, des études sur les matériaux, sur l'architecture navale des bricolages, des tas d'astuces sur l'équipement et l'accastillage, et enfin des récits de croisières et des techniques de navigation.

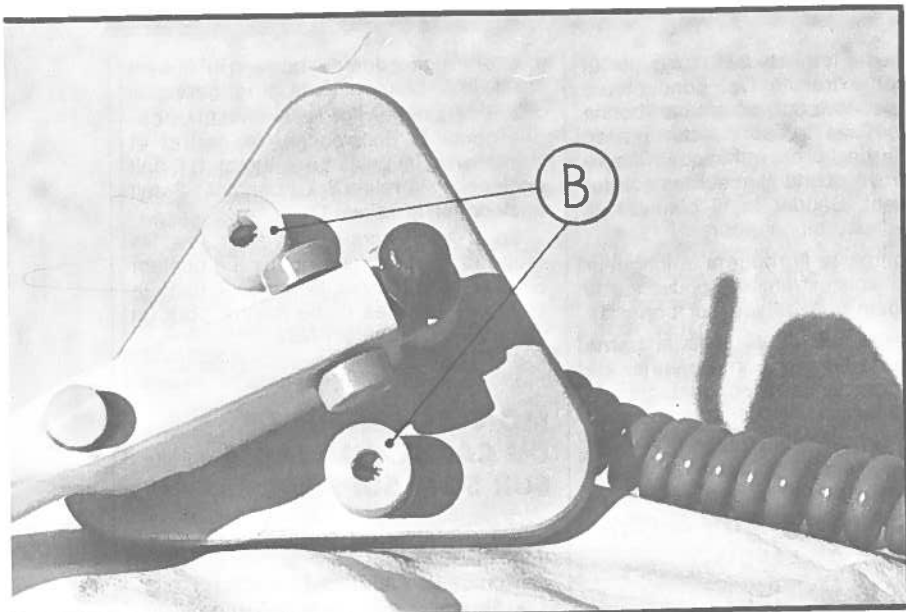


Photo 37

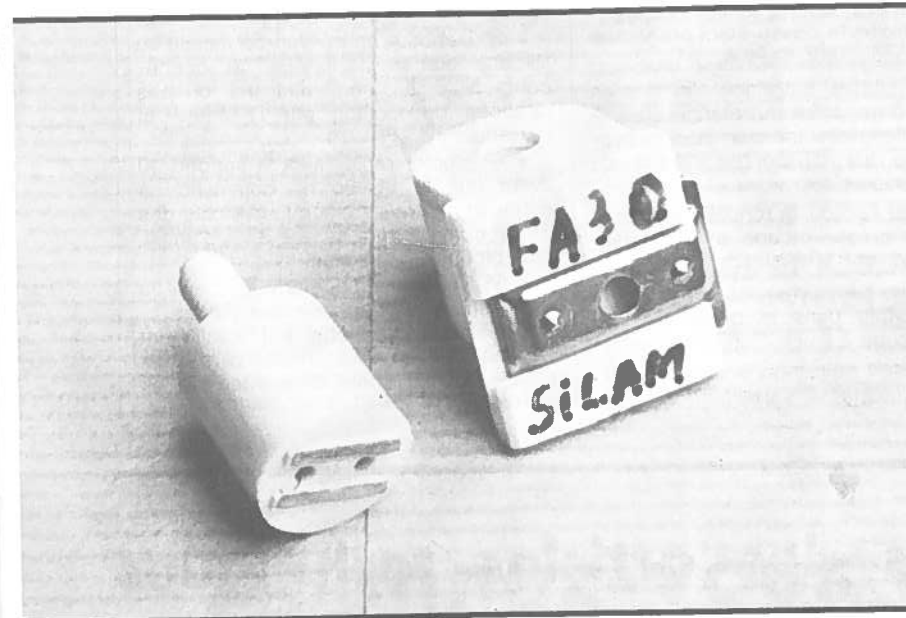


Photo 38 ▲

Photo 40 ▼

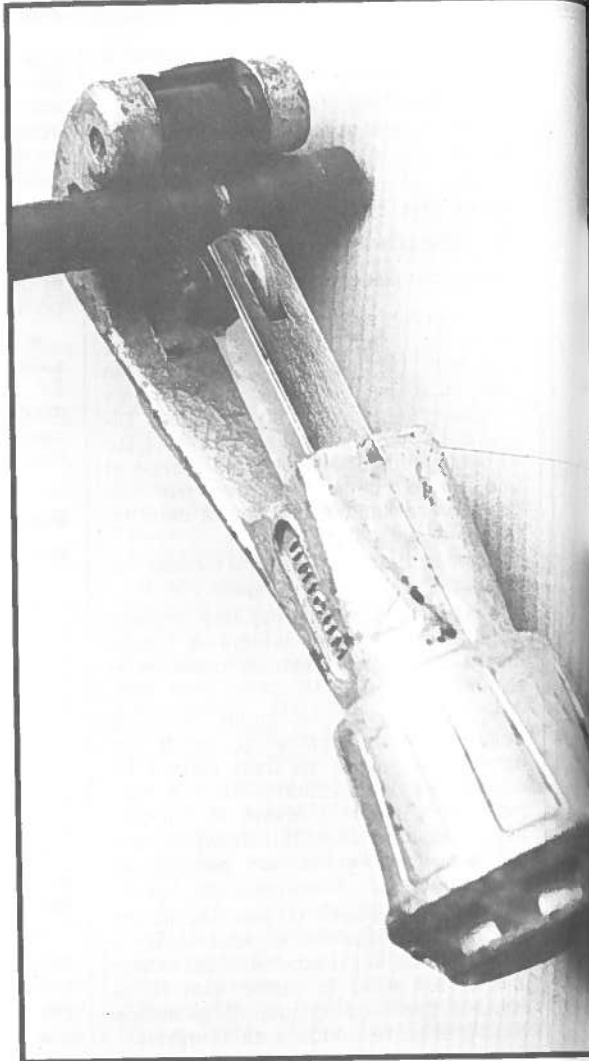
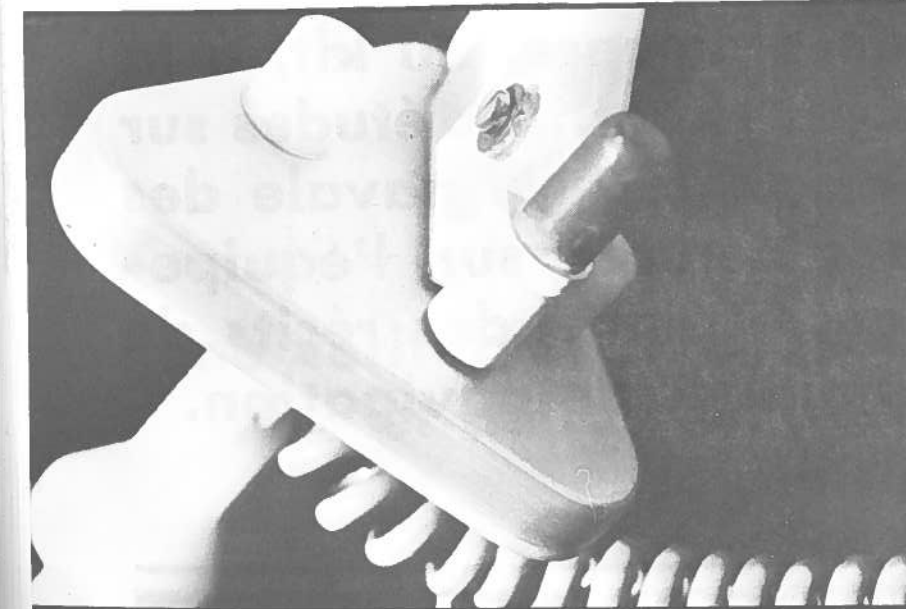


Photo 39 ▲

Photo 39 bis ▼

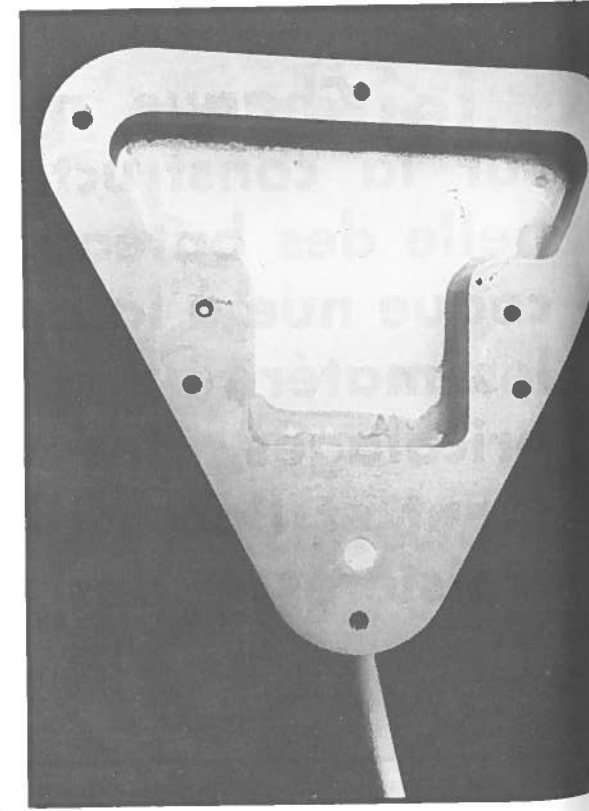


Photo 41

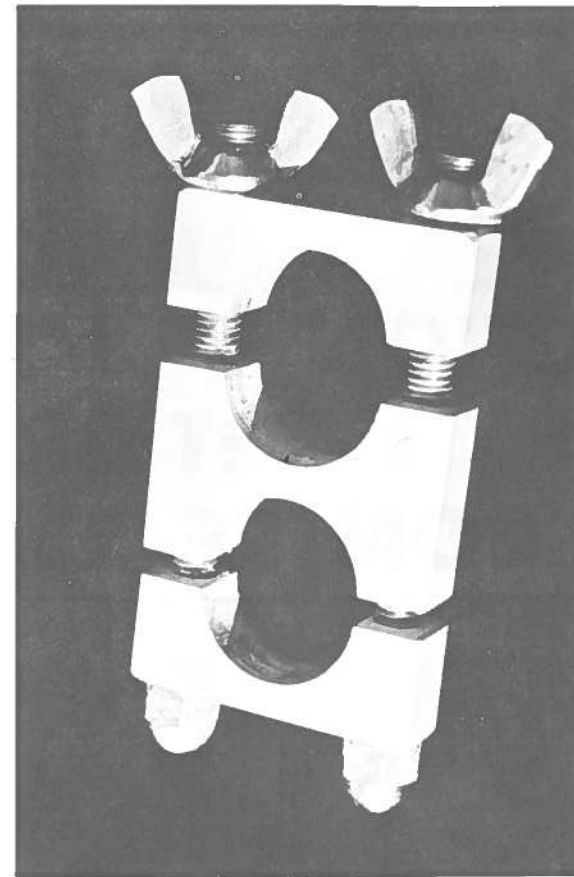
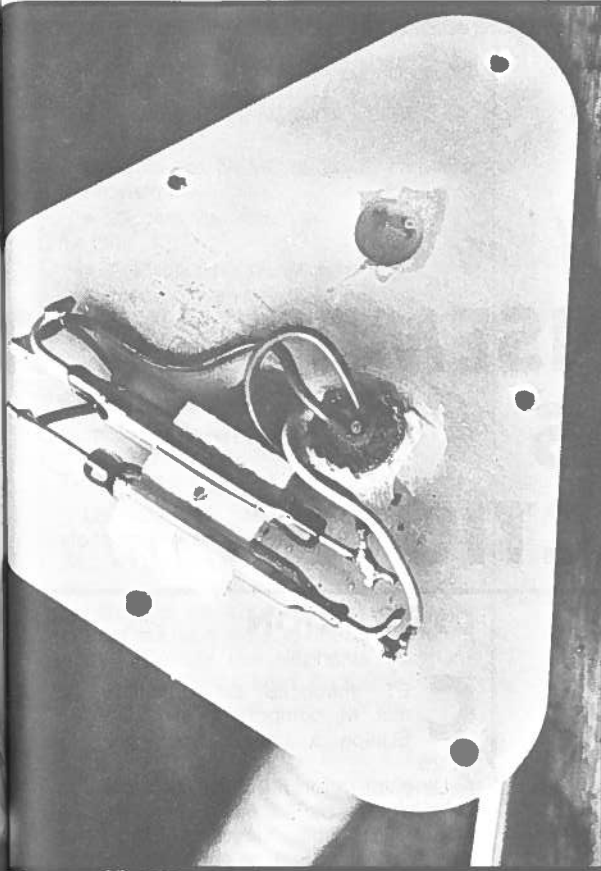


Photo 42

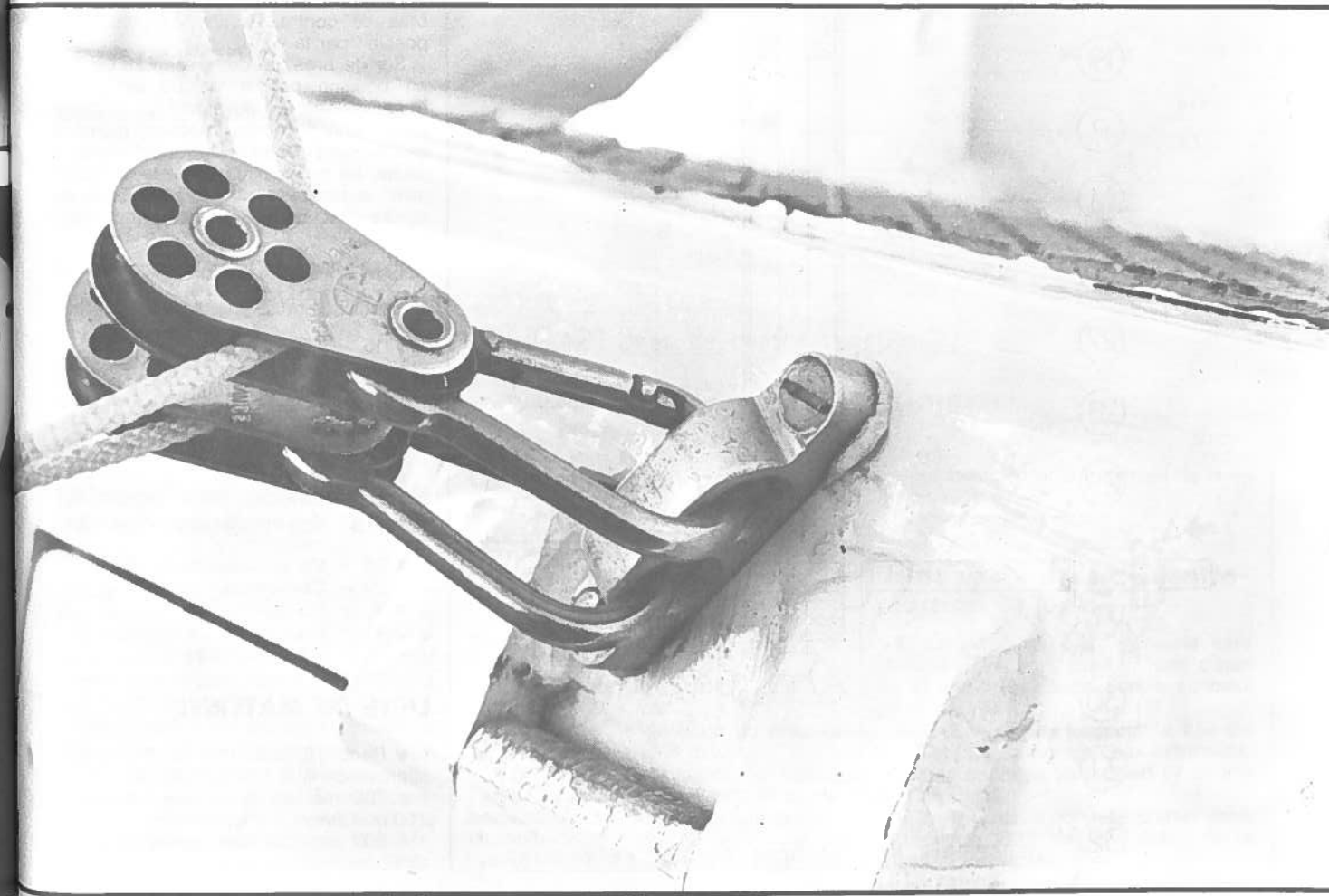
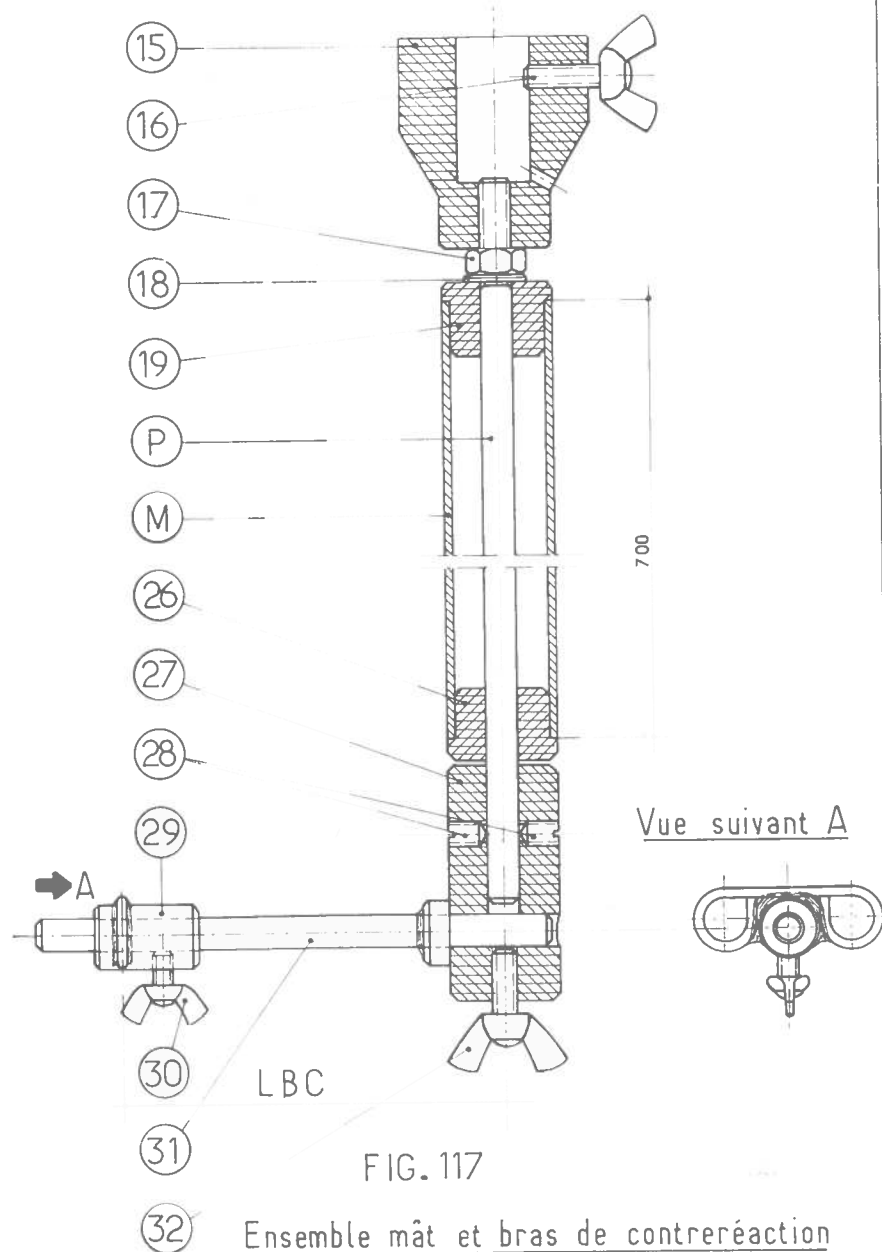


Photo 43

1E

EXÉCUTION DE L'ENSEMBLE MÂT ET BRAS DE CONTRE-RÉACTION (fig. 117)



DESCRIPTION

CET ensemble est constitué du mât M comportant un palier en Ertalon à chaque extrémité, 19 et 26.

Le pivot P tourne librement dans ces paliers et est bloqué en position verticale par la butée constituée de l'écrou 17 et de la rondelle 18. A sa partie basse, une pièce 17 qui est rendue solidaire par deux vis pointeau 28 assure la fixation du bras de contre-réaction 31 bloqué en position par la vis 32.

Sur ce bras, un coulisseau 29 bloqué en position par la vis 30 assure la transmission du mouvement de la barre par le brin de contre-réaction, monté à gauche, et l'élastique de rappel monté à droite. La position du coulisseau détermine la longueur effective du bras de contre-réaction (L-B-C) (voir photo 3).

NOMENCLATURE DE LA FIGURE 117

- 15 - Tête de pivot.
- 16 - Vis de blocage.
- 17 - Contre-écrou.
- 18 - Rondelle d'usure.
- 19 - Palier.
- P - Pivot.
- M - Mât.
- 26 - Palier.
- 27 - Support du bras de contre-réaction.
- 28 - Vis pointeau de blocage.
- 29 - Coulisseau.
- 30 - Vis de blocage.
- 31 - Bras de contre-réaction.
- 32 - Vis de blocage.

LISTE DU MATÉRIEL

- Rond d'Ertalon 6 SA de 25 mm déjà approvisionné la fois précédente.
- 700 mm de tube inox NSMC de 21,3 x 1,5 mm.
- 900 mm de tige inox NSMC de Ø 6 mm.

- 50 mm de tige filetée inox NSMC de Ø 5 mm.
- 20 mm de tige filetée inox NSMC de Ø 4 mm.
- Rond inox NSMC de Ø 12 mm déjà approvisionné.
- 25 mm de rond de laiton Je Ø 12 mm.
- 1 écrou papillon de 5 mm.
- 1 écrou papillon de 4 mm.
- 100 mm de fil d'inox NSMC de préférence de Ø 2 mm.

Commentaire sur le matériel

Tube inox

Le tube inox pourra être de dimensions différentes en diamètre, soit 23,1 x 1,5 mm par exemple. Dans ce cas, changer la cote de diamètre des paliers. Je ne vous conseille pas de monter du tube alu à cause de sa faible rigidité. Penser aux éléphants qui montent quelquefois à bord, en s'accrochant à tout ce qui passe à leur portée.

Fil d'inox

Le fil d'inox des commandes à distance de moteur hors-bord est parfait pour cet emploi. On trouve aussi du fil d'inox Ø 2 mm pour corde à linge, mais il est réalisé dans une nuance d'inox qui tient moins bien à l'eau de mer.

CONSTRUCTION

Usinage du mât M (fig. 117)

Couper ou faire couper ce tube à la longueur de 700 mm. L'inox se coupe parfaitement au coupe-tube généralement employé pour les tubes cuivre.

Usinage du pivot P (fig. 118)

Cette pièce sera exécutée dans le rond d'inox de Ø 6 mm.

- 1° Fileter une extrémité sur une longueur de 30 mm. Couper à 20 mm et chanfreiner.
- 2° Couper la tige à la longueur de 755 mm et chanfreiner l'autre extrémité.

Usinage des paliers 19 et 26, et montage sur le mât (fig. 119)

Ces deux pièces seront réalisées au tour dans le rond d'Ertalon de Ø 25 mm, leur usinage ne pose aucun problème particulier. Percer d'abord à Ø 6 mm. Vérifier que le pivot tourne bien, dans le cas contraire, percer à Ø 6,2 mm.

Ces deux pièces doivent s'emboîter à force dans le tube. Servez-vous du tube comme jauge en cours d'usinage.

Monter ces deux pièces au maillet sur le mât et assurez-vous à nouveau que le pivot tourne bien. Si l'Ertalon a trop flué, agrandir à nouveau le perçage à 6,2 mm.

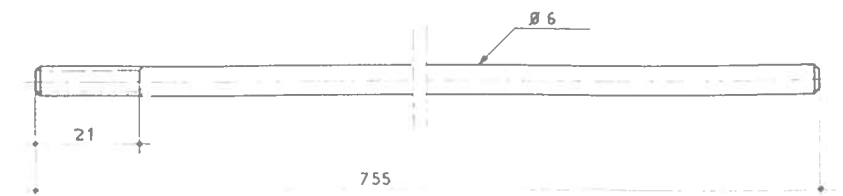


FIG. 118 Pivot P Matière : inox NSMC

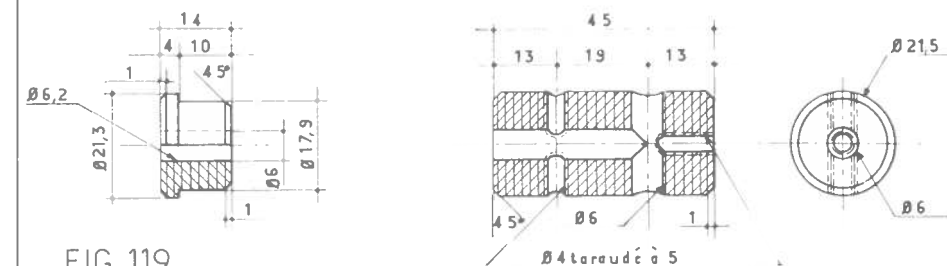


FIG. 119

Palier 19 et 26
Matière: Ertalon

FIG. 120

Support du bras de contre réaction 27
Matière: Ertalon

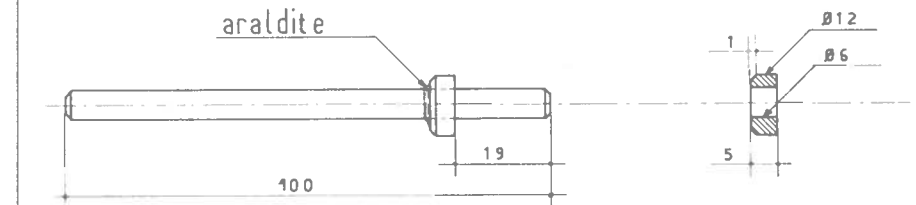


FIG. 121 Bras de contre réaction 31

Matière : inox NSMC

Usinage du support du bras de contre-réaction 17 (fig. 120)

Cette pièce sera réalisée au tour dans le rond d'Ertalon de Ø 25 mm.

- 1° Tourner aux cotes extérieures.
- 2° Percer de part en part à Ø 4 mm.
- 3° Percer le passage des vis pointeaux à Ø 4 mm.
- 4° Percer le passage du bras de contre-réaction à Ø 6 mm.
- 5° Reprendre la pièce au tour et percer le passage du pivot à Ø 6 mm, jusqu'au débouché dans l'orifice perpendiculaire de Ø 6 mm.
- 6° Tarauder à 5 mm le logement des

vis pointeaux 28 et le logement de la vis de blocage 32.

Cette pièce est terminée.

Usinage du bras de contre-réaction 31 (fig. 121)

Cette pièce en deux éléments sera réalisée d'une part, avec le rond d'inox de Ø 6 mm et, d'autre part, avec celui de Ø 12 mm.

1° Couper de longueur la tige de 6 mm et chanfreiner les deux extrémités. La partie opposée au support 27 pourra être arrondie.

2° Tourner la rondelle d'arrêt dans le rond de Ø 12 mm aux cotes de la figure 121, à droite.

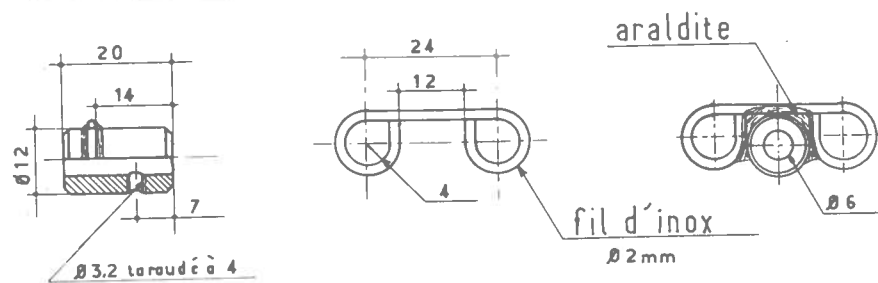


FIG.122 Coulisseau 29

Matière: laiton

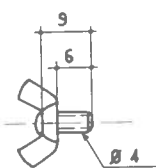


FIG.123

Vis de blocage 30
du coulisseau

Matière: inox NSMC

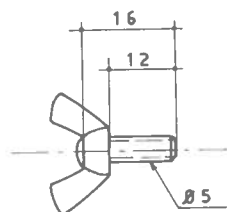


FIG.124

Vis de blocage 32
du bras de contre réaction

Matière: inox NSMC

- 3° Préparer de l'Araldite.
- 4° Enrouler du scotch sur le bras côté droit, l'extrémité gauche à la cote 19 mm.
- 5° Encoller la tige au niveau de l'emplacement de la rondelle et engager celle-ci par la gauche jusqu'à la limite du scotch. Enlever l'Araldite en trop côté scotch, et en rajouter légèrement de l'autre côté.
- 6° Passer l'ensemble au four à 50° pendant deux heures en position verticale, la partie de 19 mm en bas. Pour la maintenir, serrer une presse sur la partie haute, et positionner l'ensemble sur la grille de votre four.
- 7° Enlever le scotch et polir la pièce à la toile émeri fine.

Usinage du coulisseau 29 (fig. 122)

Cette pièce, en deux éléments, sera réalisée, d'une part, dans le rond de laiton de \varnothing 12 mm et, d'autre part, dans le fil d'inox de \varnothing 2 mm.

- 1° Tourner la pièce en laiton aux cotes de la figure 122.
- 2° Percer à \varnothing 3,2 mm le logement de la vis blocage 30 et tarauder à \varnothing 4 mm.
- 3° Plier le fil d'inox de 2 mm, suivant la figure 122 avec deux pinces, une plate et une demi-ronde. Terminer les arrondis avec un rond de \varnothing 8 mm, passer dans les œillets et arrondir au marteau. Cette pièce formant cavalier, doit rentrer à force sur le coulisseau.
- 4° Nettoyer les pièces à l'acétone.
- 5° Préparer de l'Araldite; enduire le coulisseau et le cavalier, positionner le cavalier sur le coulisseau et rajouter de l'Araldite avec une spatule.
- 6° Mettre la pièce sur une plaque de contre-plaqué, la partie ouverte du cavalier vers le haut. Laisser polymériser à la température ambiante supérieure à 15° (au four la colle risquerait de couler à la chaleur).

Usinage de la vis de blocage 30 (fig. 123) et 32 (fig. 124)

Ces deux pièces seront exécutées suivant la même méthode que celle employée pour la vis de blocage 16 (fig. 106).

Usinage des vis pointeau 28 (fig. 117)

Ces deux vis seront réalisées dans de la tige filetée de 5 mm.

- 1° Former la partie conique à la lime ou au tour.
- 2° Couper à la longueur de 7,5 mm.
- 3° Limer pour ramener la cote à 7 mm et effectuer un trait de scie pour réaliser la fente de tournevis.

Les pièces de cet ensemble étant terminées, nous allons procéder au montage définitif.

MONTAGE DE L'ENSEMBLE MAT ET BRAS DE CONTRE- REACTION (fig. 117)

- 1° Visser la vis de blocage 16 dans la tête de pivot 15.
 - 2° Visser le contre-écrou 17 sur le pivot P à fond de filet sans bloquer.
 - 3° Visser le pivot dans la tête de pivot au maximum et bloquer le contre-écrou 17 sur la tête de pivot.
 - 4° Enfiler la rondelle 18 sur le pivot et engager le pivot dans les deux paliers après avoir graissé, légèrement, les deux faces en contact de la rondelle et de l'écrou.
 - 5° Monter le bras de contre-réaction dans son support 27 et le bloquer par la vis 32.
 - 6° Monter le support de bras de contre-réaction 27 sur le pivot après avoir engagé les deux vis pointeau 28.
 - 7° Positionner le bras de contre-réaction perpendiculaire à l'axe de la vis de blocage 16 (sur la fig. 117, il est parallèle à cet axe pour les besoins du dessin). En laissant environ 5/10 de jeu entre le palier 16 et le support 27. Bloquer fortement les deux vis pointeau 28.
 - 8° Monter le coulisseau 29 sur le bras de contre-réaction. Régler la cote LBC à environ 73 mm et le bloquer par la vis 30.
- Encore un dernier effort et nous viendrons à bout de la construction des pièces. Nous allons terminer par les pièces de fixation du mât sur balcon et des poulies sur les côtés de la baignoire.

1F

CONSTRUCTION DES FIXATIONS DU MAT M SUR LE BALCON (fig. 125)

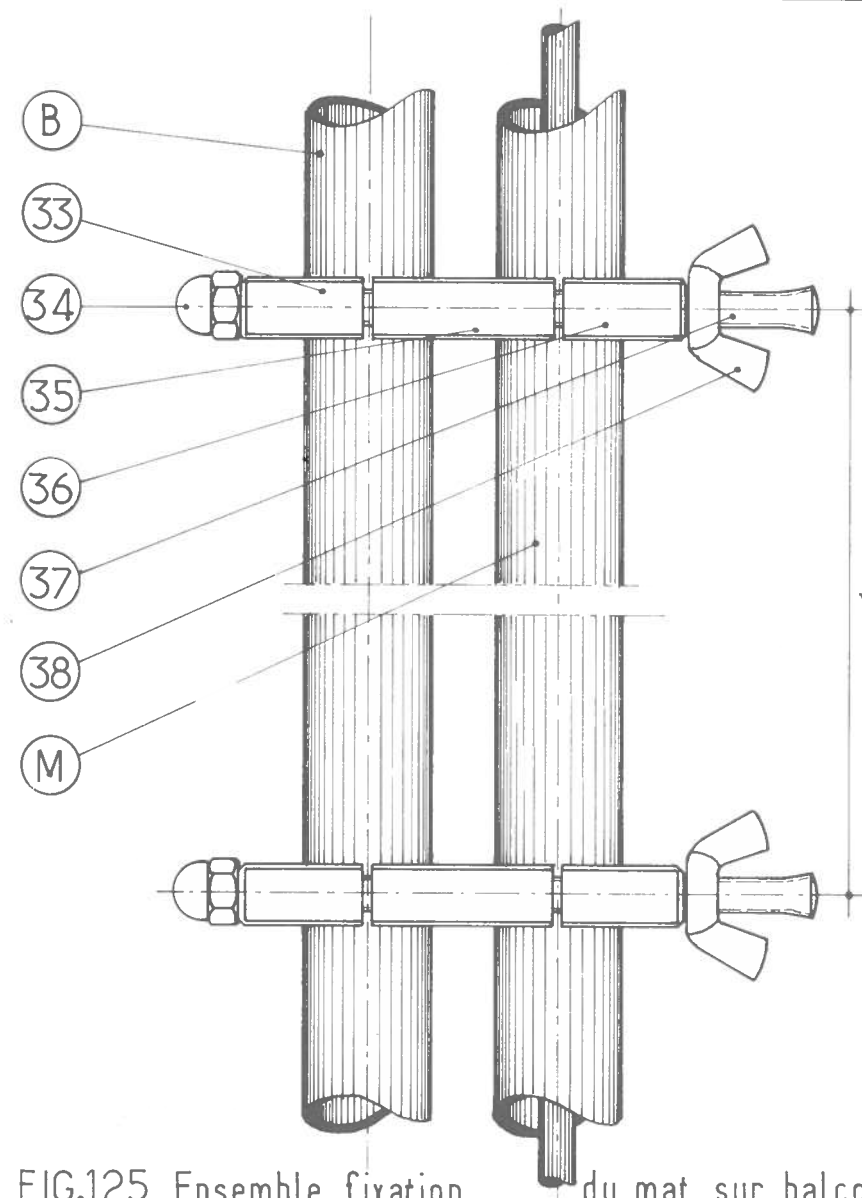


FIG.125 Ensemble fixation du mat sur balcon

ES fixations sont constituées par deux doubles étriers suivant le même principe que les étriers de fixation du servomoteur.

NOMENCLATURE DE LA FIGURE 125

- B - Tube central babord du balcon arrière.
- 33 - Etrier du tube de balcon.
- 34 - Ecrus borgnes.
- 35 - Etrier central.
- 36 - Etrier de mât.
- 37 - Tirants.
- 38 - Ecrou à oreilles.
- M - Mât de girouette.

LISTE DU MATÉRIEL NÉCESSAIRE

- 500 mm de tige filetée de 6 mm en inox NSMC.
- 1 plaque en AG4 de 10 mm de dimensions 100 x 75 mm.
- 4 écrous borgnes de 6 mm.
- 4 écrous à oreilles de 6 mm.

CONSTRUCTION

Usinage des étriers 33, 35 et 36 (fig. 126) (voir photo 42)

- 1° Ces pièces seront tracées et découpées suivant le plan de la figure 126, dans la plaque d'AG4 de 10 mm. Limer soigneusement jusqu'au tracé avec une lime fraise, puis une lime douce. Bien vérifier en cours d'usinage que les chants sont bien à l'équerre; surtout la face inférieure qui porte sur la plaque support. Le parallélisme sera vérifié au pied à coulisse. Terminer les chants à la toile émeri fine tendue sur une lime en tirant de long.

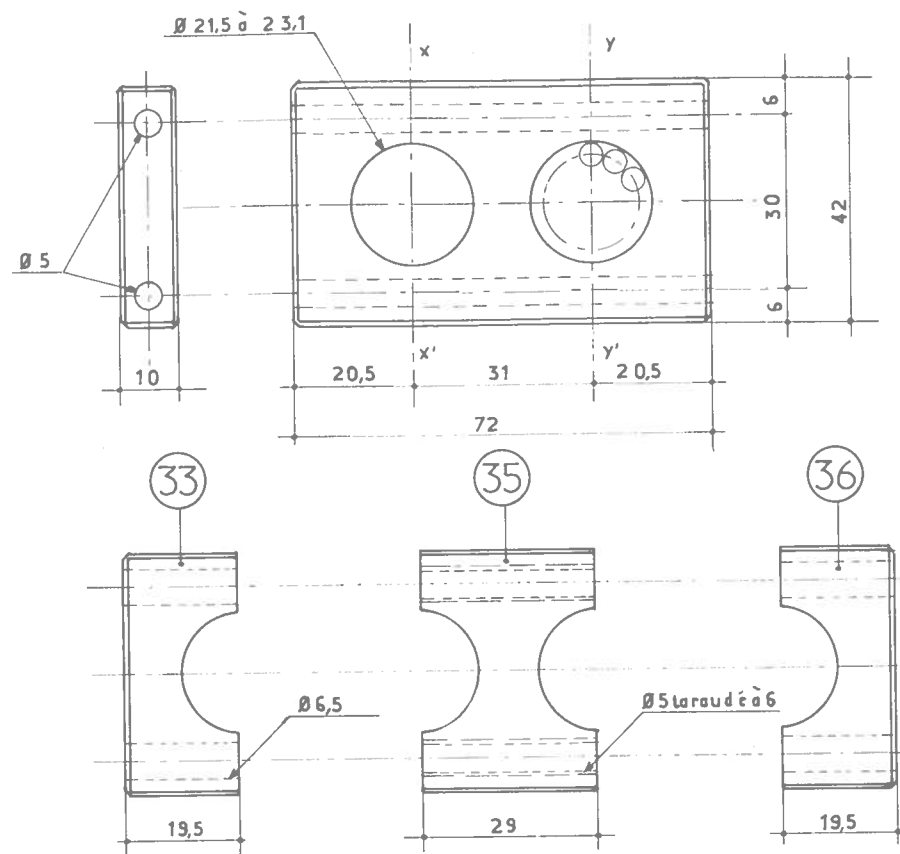


FIG.126 Etriers 33, 35 et 36

Matière: AG4 Nbre: 2

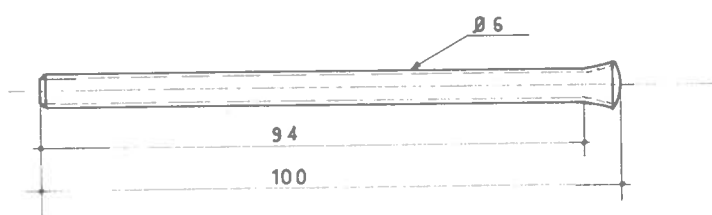


FIG.127 Tirants 37

Matière: inox NSMC

Nbre: 4

• 2° Tracer les axes des passages de tube de balcon et de mât, au trusquin de préférence. Ceci vous permettra d'obtenir le centre sur chaque face. Pointer et tracer les orifices au compas de tôlier, à la dimension extérieure de votre tube de balcon sur les deux faces, en général, 21,5 ou 23,5 mm et à la dimension extérieure du mât 21,5 mm.

Tracer aussi les cercles des perçages de défonçage.

• 3° Tracer les axes des perçages de défonçage, pointer et percer à $\varnothing 4$ ou 5 mm de façon jointive.

• 4° Défoncer la pièce et approcher du tracé à la lime bâtarde demi-ronde.

• 5° Terminer à l'alésoir ou avec un tube comme déjà indiqué au chapitre « Usinage des étriers 51 et 52 ».

Opération 5, ou encore tout simplement à la lime demi-ronde.

• 6° Ebarber les arêtes des orifices.

• 7° Tracer les axes des deux perçages de passage des tirants. Pointer et percer à 5 mm en prenant la pièce verticalement dans l'étau de votre perceuse, le chant intérieur bien appliqué sur les glissières de l'étau.

Bien vérifier le parallélisme du foret avec l'un des chants verticaux de la pièce avant de percer.

NOTA: Pour cette ébauche, les cotes de 20,5, 31 et 20,5 mm peuvent être ramenées sans problème à 15,5, 31 et 15,5 mm.

• 8° Casser les arêtes extérieures sur les 4 chants.

• 9° Prendre la pièce dans votre étau à mors parallèles en mettant successivement les axes xx' et yy' à fleur des mâchoires et scier en vous servant des mâchoires comme guide.

• 10° Dresser les chants de part et d'autre des traits de scie.

• 11° Percer les passages de tirants à 6,5 mm dans les étriers 33 et 36.

• 12° Tarauder à 6 mm ces passages dans l'étrier 35.

• 13° Ebarber et terminer les pièces à la toile émeri fine en tirant de long pour les chants extérieurs.

Ces pièces sont terminées. Vous pouvez les anodiser.

Usinage des tirants (fig. 127)

Ces pièces seront réalisées dans la tige fileté inox de 6 mm.

• 1° Prendre la tige fileté verticalement dans l'étau avec des mordaches en alu et dresser l'extrémité à la lime.

• 2° Mater l'extrémité en tête de rivet au marteau, et polir à la toile émeri.

• 3° Scier de longueur, dresser et chanfreiner.

Montage des étriers (voir photo 42)

(voir photo 42)

• 1° Graisser les entrées des tirants dans l'étrier 35.

• 2° Visser les écrous à oreilles sur les tirants.

• 3° Engager les deux tirants dans

l'étrier 36 et les visser dans l'étrier central 35.

Ils devront dépasser de l'autre côté de 28 mm.

• 4° Engager l'étrier 33 et mettre provisoirement les écrous borgnes en place.

CONSTRUCTION DES FIXATIONS DES POULIES DE DROSSE

Sur les côtés de la baignoire (fig. 128, 129, photos 43 et 44).

Ces pontets de fixations seront réalisés dans les chutes AG4 de 10 mm.

Usinage du pontet babord pour double poulie (fig. 128)

• 1° Tracer la pièce suivant la figure 128 après avoir dressé la face inférieure.

• 2° Pointer l'axe des orifices de 8 mm.

• 3° Tracer les arcs extérieurs au compas de tôlier.

• 4° Percer les deux trous de 8 mm et fraiser au diamètre indiqué les orifices.

• 5° Découper la pièce en vous servant du dessus des mors de votre étau comme guide. Couper à la longueur 50 mm.

• 6° Dresser à la lime.

• 7° Tracer les axes des vis de fixation sur le dessus de la pièce, pointer et tracer les arrondis au compas de tôlier.

• 8° Percer à $\varnothing 4,5$ mm et fraiser.

• 9° Limer les arrondis à la lime jusqu'au tracé et terminer l'ensemble à la toile émeri fine.

Usinage du pontet tribord pour poulie souple (fig. 129)

Même opération que précédemment. Procéder à l'anodisation de ces pièces.

RÉALISATION DES POULIES DE DROSSE ET ACCROCHAGE RAPIDE (photos 43 et 44)

LISTE DU MATÉRIEL NÉCESSAIRE

• 3 poulies simples avec réa de $\varnothing 20$ mm à fond de gorge, et de 5 mm de largeur. Les joues seront en inox ou en aluminium.

• 3 mousquetons en inox de $\varnothing 5$ mm.

Montage des mousquetons sur les poulies

Plusieurs solutions sont possibles. Pour ma part, je les ai montés de la façon suivante :

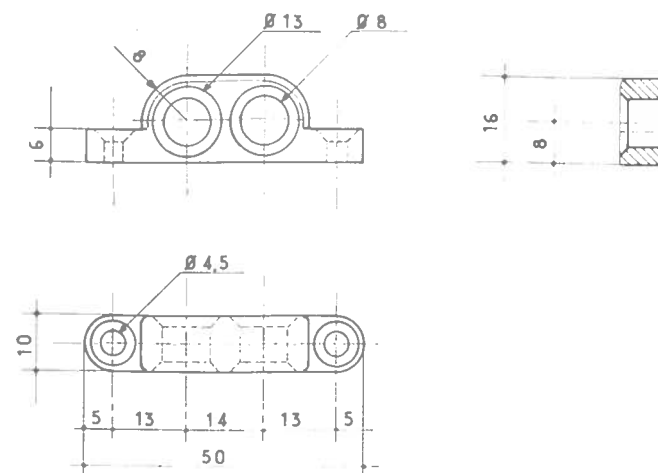


FIG.128 Pontet de fixation des poulies babord

Matière: AG4

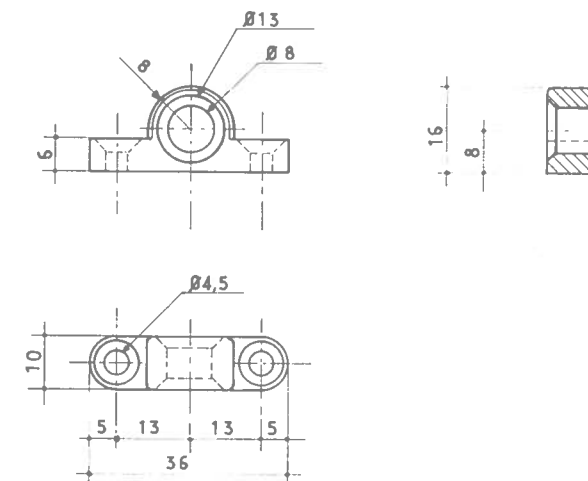


FIG.129 Pontet de fixation de la poulie tribord

Matière: AG4

• 1° Dessertir avec un petit burin la collerette de l'entretoise de fixation de poulie.

• 2° Ecarter la joue supérieure et engager l'œillet du mousqueton sur l'entretoise.

• 3° Remettre la joue en place et ressertir avec l'extrémité d'un chasse-goupille et un marteau, en tournant tout autour de la collerette, de l'intérieur vers l'extérieur.

La phase fabrication est terminée. Nous allons passer au montage de l'ensemble sur le bateau.

1G

MONTAGE SUR LE BATEAU

LISTE DU MATÉRIEL NÉCESSAIRE

- 5 m de garcette de 4 mm.
- 1 m d'élastique de sandow de 4 mm.
- 2 poulies plastique ou aluminium, genre poulie de pavillon pour brin de 4 mm.
- 2 manilles pour ces poulies.
- 3 tendeurs en alu de tente de camping.
- 2 petits pontets en inox.
- 1 conduit coinqueur tubulaire de 8 mm.
- 4 vis inox à tête fraisée de 4 mm,

longueur suivant épaisseur de la paroi de baignoire, vis Parker pour bateau bois.

- 4 rondelles éventail de 4 mm en inox.
- 4 écrous en inox de 4 mm.
- 2 vis Parker inox à tête fraisée de \varnothing 3,9 mm, longueur 15 mm.
- Le matériel de fixation des pontets dépendra du bateau et de son type de construction : alu, plastique ou bois.

IMPLANTATION A BORD (fig. 130, photo 49)

La figure 130 vous précise l'implantation du matériel à bord. Elle pourra varier

suivant le type de bateau, les seuls impératifs pour un bon fonctionnement de l'ensemble sont les suivants :

- a) R2 et R'2 seront compris entre 400 et 200 mm (R'2 pourra être de 600 mm).
- b) L'angle γ compris entre l'axe XX' (passant par l'axe de rotation du pivot P et tangent au réa de la poulie P1) et le bras de contre-réaction sera de 90° .
- c) L'angle γ' compris entre l'axe longitudinal de la barre et le brin de contre-réaction sera de 90° barre à 0.
- d) Le réa de la poulie P5 sera tangent à l'axe YY' et celui de la poulie P3 tangent à l'axe YY''.

Ces axes passent par les points H' et H'', H'H'' étant la corde de l'angle α égal 30° .

Dans ce cas, l'effort résultant sur la barre à 0 sera même que la barre à 30° . L'effort maxi étant dans ce cas appliqué quand la barre est à environ 15° , la drosse étant à ce moment perpendiculaire à l'axe longitudinal de la barre.

Barre à 0 ou à 30° , l'effort résultant appliqué perpendiculairement à la barre sera diminué de 3,4 %. Si on déterminait la position de l'axe YY' par un angle γ de 50° , c'est-à-dire en reculant la poulie P5, l'effort barre à 0 serait diminué de 9,4 %.

MONTAGE A BORD DES POULIES PUISSANCE

- 1° Monter le servomoteur sur le tube extérieur babord du balcon à la hauteur qui vous arrange.
- 2° Enrouler la drosse de deux tours complets plus deux demi-tours sur le tambour.

- 3° Déterminer la position de P5 par la cote L1 prise à partir, par exemple, des tubes extérieurs de balcon

$$L1 = L - L3 \sin \frac{\alpha}{2} \text{ pour } \alpha = 30^\circ$$

$$L1 = L - L3 \sin 15^\circ = L - 0,26 L3$$

On aura ainsi sensiblement l'axe transversal de fixation de pontets de poulies, ce n'est pas à 1 ou 2 cm près.

- 4° Monter les deux poulies sur le pontet babord et passer la drosse dans les poulies.

● 5° Tendrer les 2 brins de drosse et régler la position du pontet, à deux c'est plus facile, un qui tend les brins, l'autre tenant le pontet et le crayon. Positionner le pontet de manière que le brin de drosse allant sur la poulie P3 passe sous la barre sans la toucher.

● 6° Vérifier la perpendicularité des 2 brins de drosse avec l'axe du tambour d'entraînement et incliner le servomoteur sur la plaque de fixation 47 (fig. 5), pour que les brins ne touchent pas les côtés de l'évidement de l'entretoise du tambour (voir photo 16).

Si par hasard, vous étiez en bout de course sur la boutonnière de la plaque 47, vous pouvez débloquer les 3 tirants du tambour d'entraînement et orienter son entretoise dans la limite de l'écartement des tirants.

● 7° Reprendre l'opération 5 et tracer le pourtour du pontet sur le bord du cockpit. Tracer aussi de la même façon la position du pontet tribord (photos 43 et 44).

NOTA : Le pontet Bd sera incliné vers l'arrière. Le pontet tribord sera vertical.

- 8° Tracer un passage de vis et percer.

● 9° Monter et bloquer une vis et servez-vous du pontet comme gabarit de perçage pour l'orifice de la 2^e vis.

● 10° Mêmes opérations pour le pontet tribord.

● 11° Effectuer 2 ligatures espacées de 20 mm avec de la garcette de 4 mm (photo 45).

● 12° Monter un tendeur sur chaque brin de drosse (photo 46), passer les boucles ainsi faites sur la barre entre les 2 ligatures.

● 13° Tendrer les brins, positionner les tendeurs à environ 20 cm de la barre et faire un nœud sur l'extrémité du brin, puis couper à 2 cm du nœud.

NOTA : Les tendeurs peuvent être remplacés par 2 conduits coinqueurs montés de chaque côté de la barre. L'inconvénient de ce système, c'est que le point Y doit être reculé pour laisser suffisamment de longueur libre pour tenir la barre à la main. D'autre part, les tendeurs empêchent les poulies de quitter les drosses, quand le pilote est hors service ou quand on le démonte pour le ranger.

● 14° Monter une prise de courant étanche 2 fils sur le bord du cockpit, couper le câble d'alimentation à la longueur et raccorder la prise mâle.

● 15° Raccorder la prise femelle sur le circuit du bord par l'intermédiaire d'un

interrupteur et d'un fusible de 5 ampères. Le câble d'alimentation sera d'une section mini de 1,5².

● 16° Brancher le servomoteur et manœuvrer par la commande manuelle pour vérifier le bon fonctionnement quand vous poussez l'inverseur vers tribord, la barre doit aller vers babord et inversement.

MONTAGE DE LA PARTIE DÉTECTION ET ASSERVISSEMENT

● 1° Monter les étriers sur le tube central du babord du balcon suivant la figure 125 et régler la cote Y au maximum.

● 2° Glisser le mât en place, le bloquer provisoirement et monter le bras de contre-réaction ainsi que l'ensemble girouette.

● 3° Positionner la poulie P1 et la fixer par pontet inox et manille, ou tout autre dispositif à votre convenance.

Il est souhaitable que XX' soit perpendiculaire à la ligne de foi du bateau. R2 réglé de 400 à 200 mm, le réa sera à la même hauteur que le bras de contre-réaction.

REMARQUE : Les poulies P1 et P2 peuvent être disposées à tribord ou à babord : c'est sans importance. Une poulie supplémentaire P'1 peut être éventuellement rajoutée.

● 4° Positionner P2 approximativement pour $bc = 300$ à 350 mm. Maintenir cette poulie par une garcette prise sur le balcon par exemple. Son emplacement définitif sera réglé en fonction de la cote bc après essais en mer.

● 5° Positionner et fixer la poulie P6.

● 6° Fixer un pontet à environ 300 à 400 mm de P6 en J. L'emplacement de ce point J a peu d'importance, il peut se trouver à la verticale de P6 et être fixé au balcon (photo 47).

7° Fixer l'élastique sur le coulisseau du bras de contre-réaction ainsi que le brin de contre-réaction (photo 3).

● 48° Fixer provisoirement le bin de contre-réaction sur le balcon. Le bras O1 a1 perpendiculaire à XX'.

● 9° Passer l'élastique dans la poulie P6 et la manille montée sur le pontet en J.

● 10° Monter le tendeur et faire un nœud pour le bloquer.

REMARQUE : La longueur l permet d'assouplir et rend plus régulière la tension de l'élastique, du fait de l'augmentation possible de son allongement.

● 11° Régler le bras de contre-réaction perpendiculaire à l'axe XX' et fixer provisoirement le brin de contre-réaction sur la barre à 0° après l'avoir engagée dans la poulie P2.

● 12° Retendre l'élastique avec le tendeur si nécessaire.

Vous êtes maintenant paré pour les essais en mer.

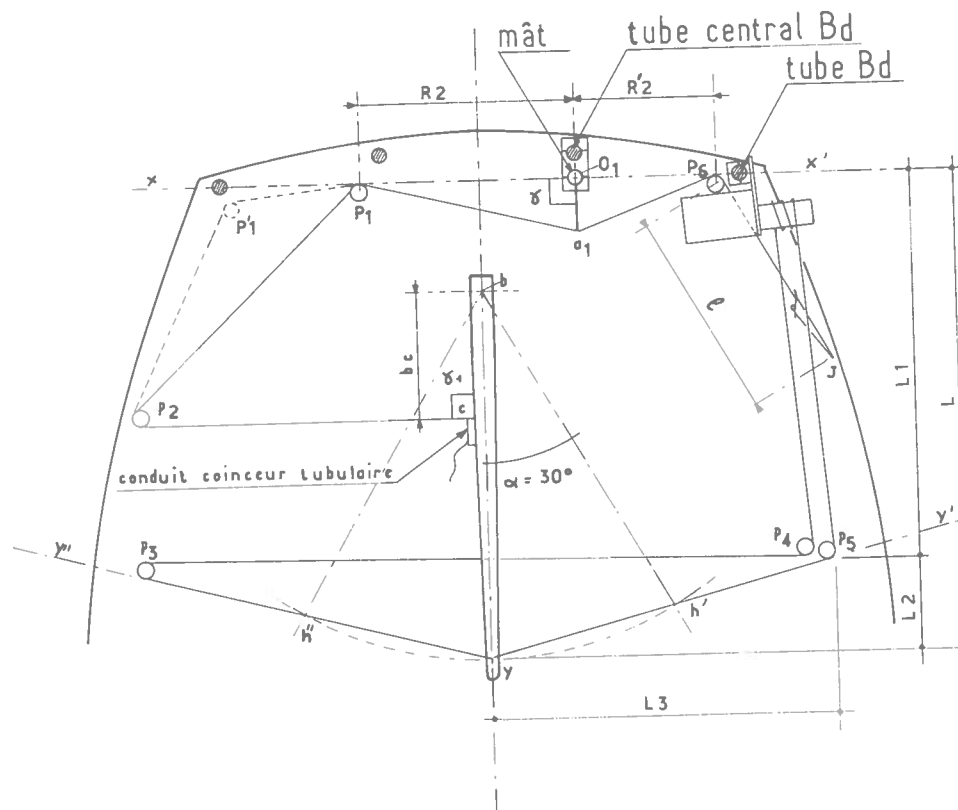


FIG.130 Implantation à bord

IH

ESSAIS EN MER

POUR bien vous remettre en tête le fonctionnement théorique, vous pouvez vous reporter au tout début de l'exposé. Le réglage est très simple :

- 1° Assurez-vous que l'inverseur 13 de position compas-girouette est en position centrale, correspondant à la position repos.

- 2° Alimenter le servomoteur.

- 3° Régler le potentiomètre TE temporisation à l'enclenchement à la graduation 2,5 et les potentiomètres TM et TA à la graduation 10 en temporisation maxi.

- 4° Régler l'allure choisie du bateau, la voilure bien équilibrée pour limiter l'effort sur la barre.

- 5° Accoupler le brin de contre-réaction sur la barre (bc entre 300 et 350 mm) par un simple nœud en positionnant le bras de contre-réaction perpendiculaire à l'axe XX'. Enrouler une ferlette autour de la barre et du brin de contre-réaction pour le bloquer en position tout en permettant de faire coulisser le nœud sur la barre pour modifier la distance bc. Au moment de la fixation du brin sur la barre, celle-ci détermine par sa position un angle de barre correspondant à l'équilibre du bateau. Par exemple, au près elle sera légèrement au vent. C'est toujours sur cette position d'équilibre qu'il faudra régler au mieux la perpendicularité du bras de contre-réaction par rapport à XX'.

- 6° S'assurer de la bonne tension du sandow du bras de contre-réaction et régler la longueur du bras à environ 75 mm.

- 7° Frapper les deux brins de la drosse sur la barre et bien les tendre.

- 8° Mettre l'inverseur en position girouette, le régulateur d'allure est en service et doit maintenir votre bateau à l'allure choisie. Pour figoler le réglage, vous pouvez rectifier la position de la girouette par rotation du tourillon. Il faut se rappeler que, quand vous le tournez vers tribord le bateau vient à babord et

inversement. Ces modifications de position doivent se faire par de petits déplacements, en attendant entre chaque modification que le bateau s'équilibre.

RÉGLAGE POUR VIREMENT DE BORD

Le premier point consiste à régler l'angle de barre maximum nécessaire au virement de bord quand le bateau est au près.

- 1° Régler le temps de marche sur le potentiomètre TM pour obtenir un angle de barre de 30° à partir de la position barre à 0°. Dans la pratique, la barre étant légèrement au vent, au près, la barre effectuera un déplacement de 30° par rapport à cette position. Sur un bateau évolutif, le potentiomètre pourra rester dans cette position dans n'importe quel cas. Par contre, le potentiomètre TA restera toujours sur la position 10 maxi.

- 2° Régler la position du bras de contre-réaction perpendiculaire à XX' barre à 0°. Repérer par un trait rouge au Marker sur le brin de contre-réaction la limite du conduit coinqueur, cela simplifiera les réglages par la suite.

- 3° Tracer l'axe du support de girouette sur la partie cylindrique du tourillon (fig. 131) au crayon feutre.

- 4° Régler le bateau au près serré sur un bord. De préférence, choisir un temps de force 3 à 4.

- 5° Accoupler le régulateur d'allure suivant la procédure précédente et régler la pale dans le vent.

- 6° Mettre en service le régulateur par l'inverseur 13 et laisser le bateau s'équilibrer. Retoucher la position de la pale si nécessaire.

- 7° Repérer la position du repère central sur la tête de pivot.

- 8° Virer de bord et faites les mêmes opérations pour tracer l'autre repère (opérations 4 à 7).

Vous êtes maintenant fin prêt pour passer au virement de bord avec régulateur d'allure accouplé.

RÉGLAGE DE L'ANGLE DE BARRE EN FONCTION DE L'ERREUR DE CAP

Cette quantité de barre varie avec le type de bateau. Sur l'abaque (fig. 15), vous pouvez en déterminer les valeurs en fonction de la cote bc et la longueur du bras de contre-réaction (fig. 130). La bonne moyenne se situe entre 0,20 et 0,25° d'angle de barre pour 1° d'erreur de cap. Si votre bateau a tendance à faire des lacets assez rapides et que le régulateur d'allure s'enclenche sans arrêt, augmenter la distance bc progressivement, vous réduirez la quantité de barre. Si la tendance est aux lacets très lents, et de grande amplitude avec rétablissement lent du bateau, réduire la cote bc, vous augmentez la quantité de barre.

Ce réglage étant terminé, il vous reste à fixer définitivement la poulie P2 et à fixer le conduit coinqueur tubulaire sur la barre à la cote bc que vous aurez déterminée.

Par expérience, ayant essayé ce régulateur d'allure sur mes bateaux successifs, tous de type évolutif, *Love Love*, *Sangria* et *Krenn*, le dernier en date, celui-ci étant un dériveur lesté de 8 m en aluminium qui, pour moi, représente le bateau idéal alliant les qualités d'un bon marcheur surtout au près, à une solidité éprouvée et un échouage de tout repos.

Il est possible pour des bateaux similaires de se fixer la cote bc à 350 mm de longueur de barre et d'effectuer les réglages en modifiant la longueur du bras de contre-réaction par déplacement du coulisseau. Sur l'abaque on aura pour 20° d'erreur de cap et pour une longueur de bras de contre-réaction de :

$$1^\circ - 70 \text{ mm} : \frac{3,9}{20} = 0,195^\circ \text{ de quantité de barre.}$$

$$2^\circ - 90 \text{ mm} : \frac{5}{20} = 0,25^\circ \text{ de quantité de barre.}$$

PROCÉDURE DE VIREMENT DE BORD AU RÉGULATEUR D'ALLURE

Quand vous suivez une route vous obligeant à de fréquents virements de bord au large, cette procédure vous permet de manœuvrer sans désaccoupler le régulateur. Par contre, je ne vous conseille pas ces manœuvres dans une zone trop encombrée de bateaux.

Procéder de la façon suivante :

- 1° Le bateau était au près babord amure, le régulateur accouplé. Tourner le tourillon vers tribord jusqu'au repère tribord de la tête de pivot.

- 2° La barre sera déplacée de 30° sur tribord et le bateau viendra sur babord. Dès que l'allure de près serré sera retrouvée tribord amure, la pale dans le vent, le régulateur maintiendra le nouvel équilibre. Il vous sera quelquefois nécessaire de retoucher après coup la position des repères l'un par rapport à l'autre pour ajuster le cap. Retoucher le temps Tm si nécessaire.

PROCÉDURE EN ALLURE DE VENT ARRIÈRE, LES VOILES RÉGLÉES EN CISEAU OU SOUS SPI

- 1° Régler le potentiomètre TE sur la position 1,5 environ.

- 2° Régler l'inclinaison de l'axe de rotation de la pale à 10° environ par rapport à l'horizontale.

Vous aurez ainsi le maximum de sensibilité nécessaire au maintien du cap à cette allure, particulièrement instable.

PROCÉDURE AU MOTEUR

Il est possible de naviguer au moteur avec ce régulateur, pour peu que la route choisie et la vitesse du bateau déterminent une direction de vent apparent suffisamment différente du cap suivi. Une dizaine de degrés, c'est suffisant.

- 1° Régler la position du bras de contre-réaction perpendiculaire à XX', barre à 0, en vous servant du repère déjà tracé sur le brin de contre-réaction.

- 2° Régler la pale dans le vent en position d'équilibre, son axe de rotation à 10° sur l'horizontale.

- 3° Accoupler les drosses sur la barre et mettre en service. Le bateau suivra un cap par rapport au vent apparent.

Si vous changez la vitesse du bateau, le cap sera modifié. Ce type de marche est intéressant quand le vent devient trop faible pour assurer la vitesse nécessaire au maintien de l'horaire fixé.

PROCÉDURE AU MOUILLAGE

Pour éviter qu'au mouillage la pale batte sans arrêt entre ses butées, procéder comme suit :

- 1° Ramener son axe de rotation en position verticale.

- 2° Fixer la pale par rapport à son support avec un élastique coincé derrière le contrepoids et entourant le support (photo 48).

- 3° Désaccoupler le bras de contre-réaction. L'ensemble girouette ainsi rendu libre se positionnera automatiquement dans le vent sans provoquer des bruits indésirables la nuit, pour ceux qui ont souvent du mal à trouver le sommeil à bord.

De plus, on augmente la durée de vie des contacts magnétiques.

Vous pouvez sans risque en croisière laisser l'ensemble du régulateur en place, il ne craint ni la pluie ni le vent.

Nous arrivons à la fin de cet exposé. J'ai essayé d'être le plus clair possible et de vous donner le maximum d'informations. J'espère y être arrivé. Le matériel que je vous ai décrit peut sûrement être perfectionné et chacun pourra y apporter sa touche personnelle.

Dès que j'aurai pu mettre au point la détection compas déjà bien avancée, je vous en fournirai les éléments, mais là le problème n'est pas si simple.

Je vous souhaite donc bon courage et bonne navigation.

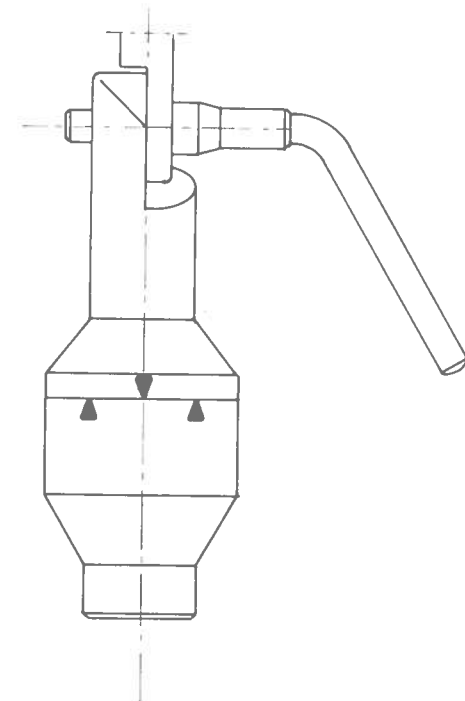


FIG.131 Repères de virement de bord

Photo 46

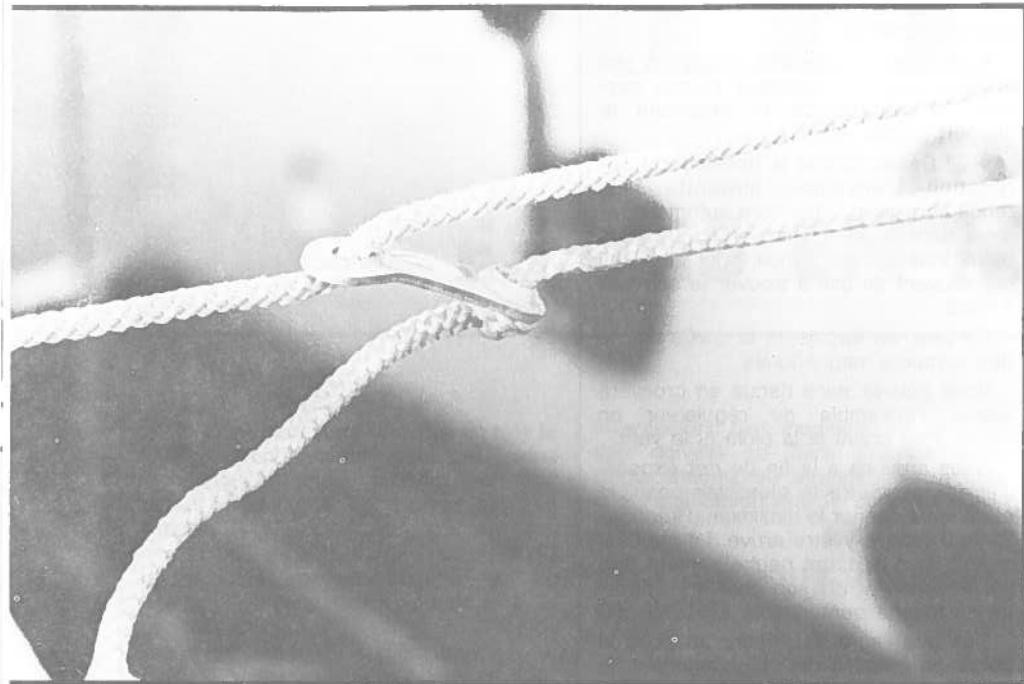


Photo 44



Photo 48

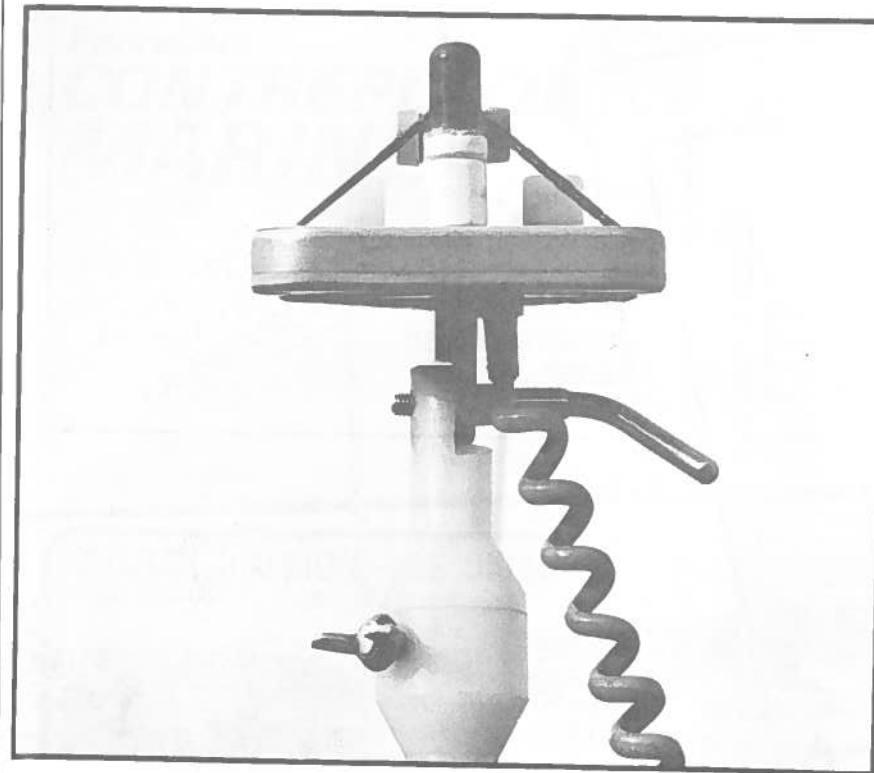


Photo 47

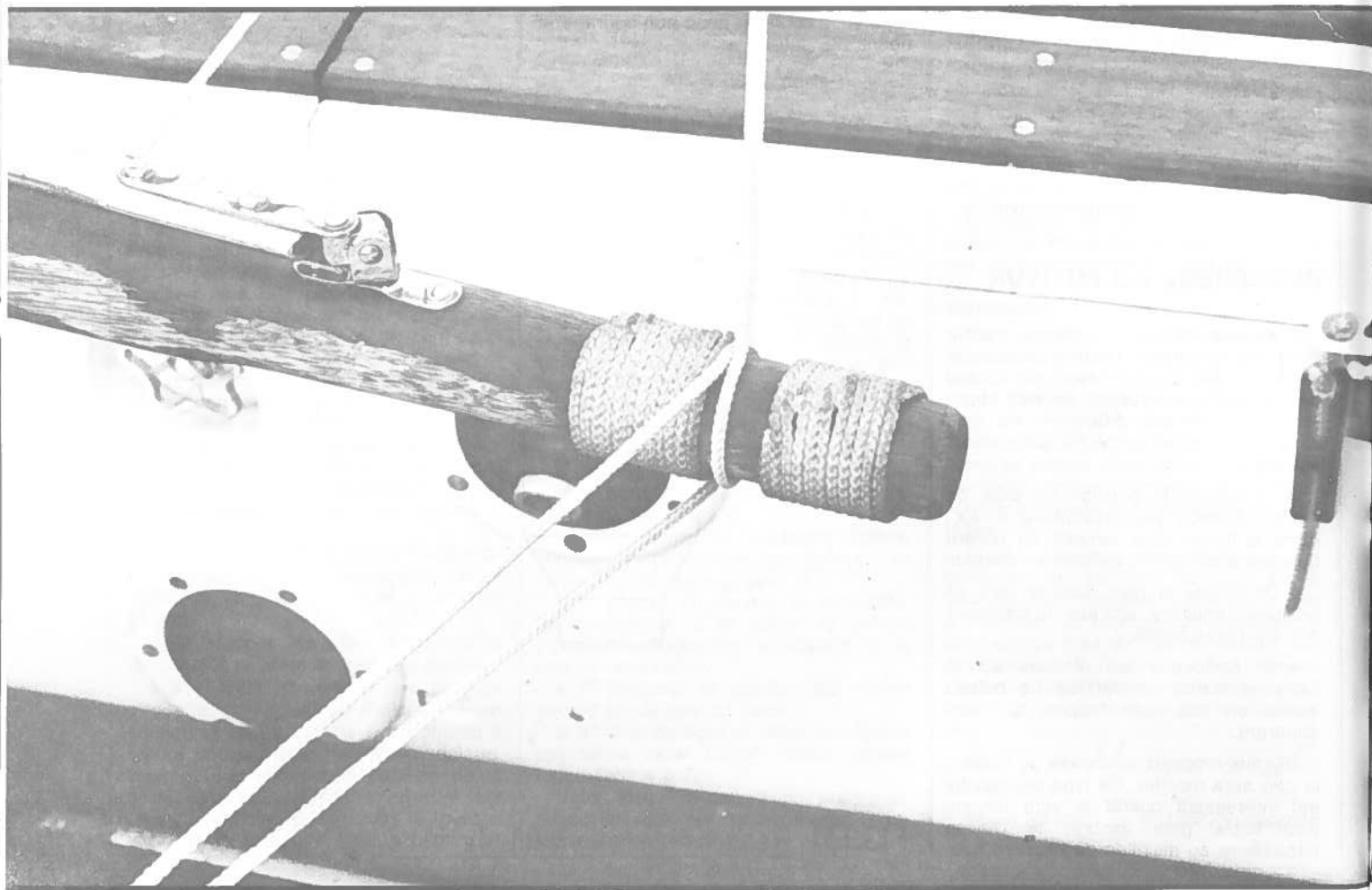
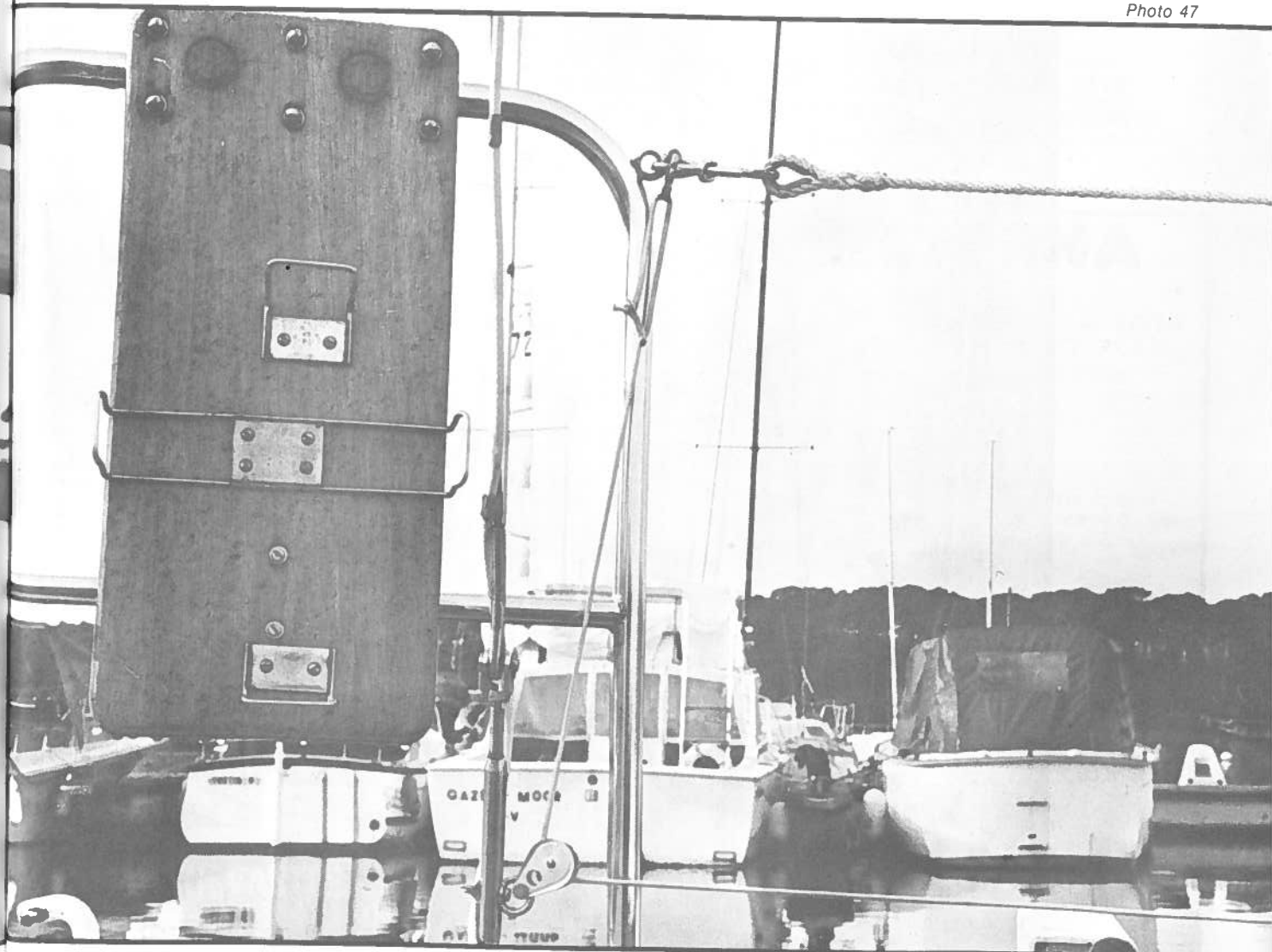


Photo 45





**Panneaux
CONTREPLAQUÉS
MARINE**

**EXPÉDITION
TOUTE
LA FRANCE**

Sté CHARLES
2, RUE VITRY
93100 MONTREUIL
Tél. 287.52.12
287.68.61

**RESINES polyester ?
FIBRE de VERRE ?
Adjuvants, Outillage ?**

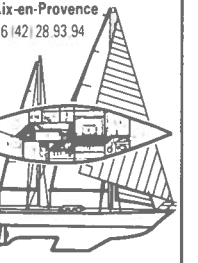
**et même un KIT
planche à voile**
— Une gamme complète,
— Un stock
— Des conseils
— Des prix

S strand glass...
87, rue de Paris (RN 14)
95310 St-Ouen-l'Aumône
Tél. 037.51.85

SCOMAIX

Quartier Battesti - Rte de Nice-Palette
13100 Aix-en-Provence
Tél. 16 42 28 93 94

PETIT PRINCE
12,50 x 3,95
Architecte
M.
SUBRERO



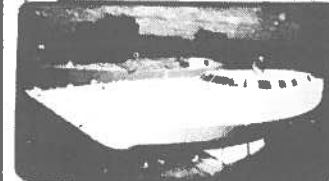
Construction
de coques
pontées de voiliers en
acier à triple bouchains
pour navigation hauturière.

QUASAR - ALBION - ILE DISKO - LEX

9,65 x 3,30 11 x 3,70 12 x 4,15 14,20 x 4,60

Architecte : CAROFF

PETIT PRINCE : 12 x 4,10 et 12,50 x 3,95



Architecte : SUBRERO
**CROISEURS
HAUTURIERS**
Acier (E 36 et AG 4)
**QUILLARDS et
DERIVEURS**

CNBP BON PORT - 27340 Criquebeuf-s/Seine
Tél. (35) 81.65.34

**CONSTRUCTION METALLIQUE
CHAUDRONNERIE**

49530 LIRE - Tél. (40) 83.08.54



PEN KALET
Ketch de 14 m
acier

de la coque nue à
barre en main

Homologation
1^{re} catégorie
en cours

Architecte :
J.-C. MUSNIER
1, rue de Marseille
44800 ST-HERBLAIN

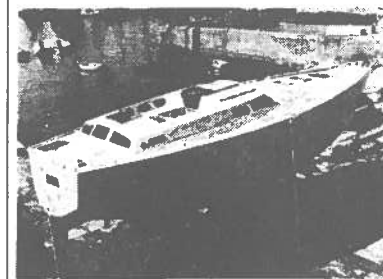
**EPERVIER
10,50**
Côte acier
**EPERVIER
11,80**



Architecte :
B. VEYS
La Chasseloire
44800 ST-HERBLAIN

BEAUJOLAIS 10,10

OPTION DERIVEUR OU QUILLE
TROIS VERSIONS D'AMENAGEMENT



Long. H.T.	10,10 m
Flottaison	8,20 m
Bau	3,48 m
T.E. (qu.)	1,60 m
T.E. (dériv.)	1,20/1,70 m
Déplac. moyen	4,8 t
Surf. G.V.	20 m²
Génois	38,7 m²
Foc	16,2 m²
Spi	82 m²

BEAUJOLAIS 12,25

DERIVEUR LESTÉ AG4
ARCHITECTE
HARLÉ PHILIPPE



Longueur hors tout	12,25 m
Longueur flottaison	10,60 m
Bau	3,68 m
Tirant d'eau	1,20 m 2,60 m
Lest	3,200 t
Moteur Farymann R 30 M 20 CV DIN	

Sarl CHAVANTRE Tél. (51)
32.05.52.
Quai de la Cabaude 85100 LES SABLES D'OLONNE

LEX ETERNA



GOELETTE en ACIER
A tableau : 13,70 X 4,60
Version longue
15 x 4,60 x 1,85 m

Prix de base
de la coque pontée :
70.400 HT

TERSCHELLING : 13,10 X 3,86 X 1,80 m
ESKERT : 12,20 X 3,84 X 1,60 m
ILE DISKO : 12,00 X 4,30 X 1,60 m
TEXEL : 10,85 X 3,44 X 1,50 m

ALESIA MARINE INDUSTRIE

BUREAUX - USINE
08270 NOVION PORCIEN - Tél. (24) 20.20.84

2^{eme} PARTIE

LES PILOTES AUTOMATIQUES ET RÉGULATEURS D'ALLURES DE CONSTRUCTION PROFES- SIONNELLE



2A

PILOTES ET RÉGULATEURS D'ALLURE COMMERCIALISÉS EN FRANCE

J'AI réuni dans cette partie la majorité des pilotes et régulateurs d'allures français et étrangers diffusés en France. N'ayant pu les tester, et ne pouvant dans ce cas en faire une honnête critique, je me bornerai à vous les décrire le plus clairement possible, compte tenu des éléments en ma

possession. Je laisse à chacun le soin de se former une opinion sur le matériel qui lui semblera le mieux adapté à son problème particulier.

Pour cela, je vous indiquerai les différents principes de régulation employés et leurs effets.

PRINCIPES GÉNÉRAUX DES PILOTES ÉLECTRIQUES ET ÉLECTRONIQUES POUR BARRES FRANCHES

CES pilotes sont pratiquement tous basés en ce qui concerne la partie motrice sur un mécanisme composé d'une vis à billes entraînée par un moto-réducteur. L'écrou dont les filets sont des billes est mobile sur la vis et accouplé à un tube.

Ce tube fixé sur la barre agit comme un vérin (fig. 1, page 10).

D'autres pilotes ont conservé une vis normale avec un écrou bronze, mais dans le principe le fonctionnement reste identique à celui de la figure 1. La différence essentielle des deux procédés réside dans l'amélioration du rendement, donc de la puissance absorbée par l'emploi de la vis à billes. Les pertes par frottement sont considérablement diminuées.

LA VIS A BILLES HISTORIQUE

Il semble que la vis à billes ait été inventée aux Etats-Unis pour remplacer le mécanisme à crémaillère utilisé dans la commande de direction des roues avant d'automobiles. La France et la plupart des pays européens ont découvert les premières vis à roulement sur les camions GMC utilisés par l'armée américaine lors de la campagne d'Europe en 1944.

DÉFINITION

On appelle vis à roulement tout type de vis dans lequel l'écrou est lié à sa vis par l'intermédiaire de corps auxiliaires qui roulent à la fois dans l'écrou et sur la vis. Cette définition permet d'opposer les vis à roulement aux vis classiques à frottement dans lesquelles l'écrou se déplace sur la vis par frottement direct, filet sur filet. Il est à noter que les corps roulants transmettent les charges de l'écrou à la vis et vice-versa par l'intermédiaire de leurs surfaces de contact.

VIS A BILLES A RECIRCULATION

(fig. 2, page 10)

Il s'agit historiquement du premier type de vis à roulement et il est largement répandu à l'heure actuelle. Comme son nom l'indique, les corps roulants intermédiaires sont des billes.

Ces vis sont conçues de la façon suivante : la vis et l'écrou sont filetés au même pas. Entre la vis et l'écrou est placé un certain nombre de billes de même diamètre qui occupent au total deux et demi à sept tours de filets et qui sont recyclées à l'intérieur de l'écrou

après qu'elles ont eu parcouru toute la longueur de filetage dans ce dernier.

RENDEMENT (fig. 3, page 10)

Sur la figure 3, les courbes représentent le rendement d'une vis à billes et d'une vis ordinaire en fonction de l'inclinaison des filets.

On peut voir que pour 5° d'angle d'hélice, le rendement de la vis à billes est de 90 % alors que celui de la vis ordinaire n'est que de 35 %.

Ce matériel est merveilleux ; son seul défaut est l'impossibilité pour un amateur de se le procurer. C'est pour cette raison que j'ai dû me rabattre sur du matériel moins performant mais à la portée de tout le monde.

Ce procédé permet de réaliser des pilotes dont la mise en œuvre à bord est très simplifiée. Cela se borne à placer un pivot sur la barre et un autre sur le côté de la baignoire. Certains ont même le compas incorporé au bloc moteur.

Sur quelques modèles, on peut adapter une girouette servant de détecteur de vent apparent et transmettant ses ordres au bloc moteur suivant les deux procédés suivants :

1° Par procédé opto-électronique pour compas et girouette

Ce système est composé de 2 diodes lumineuses placées respectivement en face de 2 photo-résistances ou de 2 photo-transistors, la position de ces éléments restant fixes. Les diodes servent d'émetteurs et les photo-résistances ou photo-transistors, ou autre composant, servent de capteurs. Un écran mobile à secteur opaque solidaire de la girouette ou du compas se déplaçant entre les émetteurs et les récepteurs modifie l'éclairement de ces derniers et commute le signal marche avant ou marche arrière du motoréducteur.

2° Par procédé magnétique pour girouette

Ce système plus simple est composé de 2 contacts magnétiques « ILS » sous capsule de verre en position fixe dans l'embase de la girouette.

Un aimant solidaire de la girouette se déplaçant devant ces contacts et les commutant suivant sa position, enclenchant de ce fait le motoréducteur en marche avant ou en marche arrière.

C'est ce procédé que j'ai adopté pour le pilote que je vous propose.

Dans tous les cas, il est nécessaire d'avoir une contre-réaction, c'est-à-dire un système de compensation de position de l'organe de détection permettant d'obtenir un angle de barre proportionnel à l'erreur de cap. Faute de quoi le régulateur fonctionnant en flottant et l'inertie du bateau étant très importante, le navire amorcerait un mouvement de lacet dont les amplitudes iraient en augmentant. Pour ce faire, une solution entièrement électronique peut être employée ou plus simplement une solution mécanique. C'est celle que j'ai adoptée.

PUISSANCES ABSORBÉES PAR CES APPAREILS

Les puissances absorbées indiquées dans les documentations ne sont jamais celles correspondant à la poussée maximum annoncée. Ce sont des puissances absorbées tout à fait moyennes.

Pour pouvoir calculer la puissance correspondant à la poussée maximum indiquée, il est nécessaire de connaître la vitesse de déplacement de la barre, au point où s'effectue la poussée.

EXEMPLE

Poussée : 45 kg. Vitesse de déplacement : 3,5 cm/s.
3,5 cm/s donnent 0,035 m/s.

Un travail de 1 kilogramme/mètre correspond à une charge de 1 kilogramme élevée de 1 mètre sans notion de temps. La puissance correspond au travail à la seconde.

$$1 \text{ W} = \frac{1 \text{ kg/m/s}}{9,81}$$

d'où la puissance absorbée pour un rendement de 1

$$45 \times 0,035 \times 9,81 = 15,45 \text{ W}$$

pour un rendement global mécanique et électrique de 0,6, la puissance absorbée sera de 25,75 W.

La puissance électrique en courant continu s'exprime par la formule :

$$P = UI$$

U en volts

I en ampères.

Pour U = 12 V, l'ampérage absorbé sera de :

$$\frac{25,75}{12} = 2,14 \text{ A}$$

aussi quand on vous indique un courant de 0,3 ampère, c'est bien un courant moyen consommé sinon la poussée ne serait que de :

$$\frac{45 \times 0,3}{2,14} = 6,3 \text{ kg.}$$

Il est évident que la poussée nécessaire sur la barre varie avec l'état de la mer, l'allure du bateau, l'équilibrage de la voilure, le type de bateau et de safran (compensé ou non).

En fait, le servomoteur fonctionne très rarement à sa puissance maximum.

En règle générale, la poussée des pilotes à vérin est appliquée à environ 0,45 m de la mèche du safran.

D'autre part, il faut savoir que plus la poussée demandée sur la barre augmente, plus la vitesse de déplacement du pilote, caractéristiques du motoréducteur.

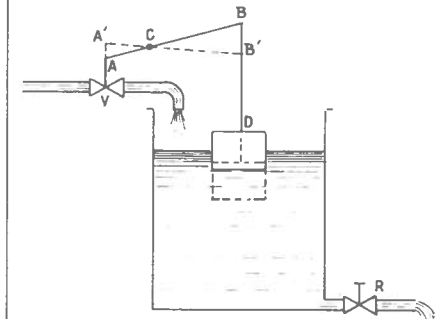


FIG.1

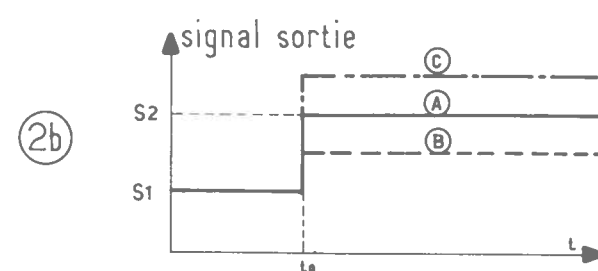
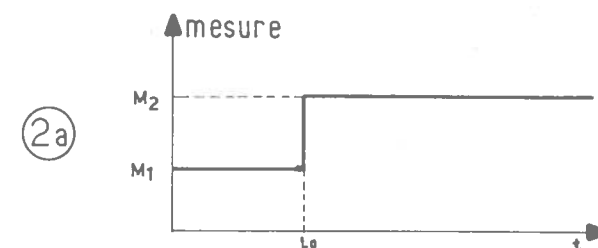


FIG.2

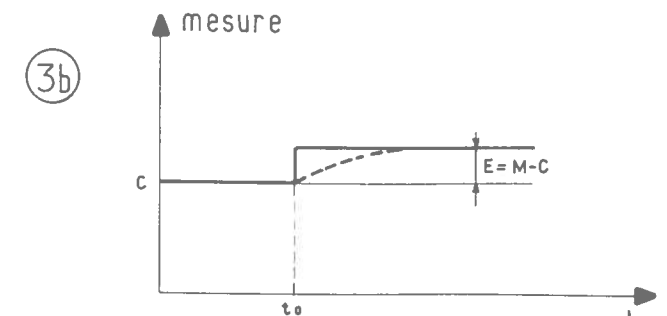
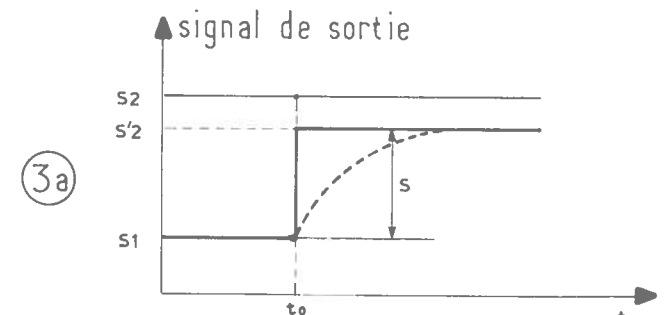


FIG.3

2B

TYPES DE RÉGULATION EMPLOYÉE DANS LES PILOTES AUTOMATIQUES

JE pense qu'il est nécessaire de faire un peu de théorie sur la régulation pour bien saisir le principe de fonctionnement des différents pilotes.

Ces principes de fonctionnement sont employés aussi bien pour les pilotes automatiques à barre franche qu'à roue.

On distingue 3 types d'action en régulation :

- L'action « proportionnelle ».
- L'action « intégrale ».
- L'action « dérivée ».

Dans les pilotes, seules les 2 premières semblent être employées.

• L'action « proportionnelle » est la plus courante.

• L'action « proportionnelle » associée à l'action « intégrale » est déjà moins répandue, à ma connaissance parmi les pilotes simples, seuls les autohelms 2000 et 3000 en sont dotés.

Je vais tenter de vous définir ces actions et leurs effets.

ACTION PROPORTIONNELLE

DÉFINITION

Un régulateur est dit à action proportionnelle quand son signal de sortie est proportionnel à l'écart mesure-consigne. En d'autres termes si on appelle « S » le signal de sortie, « M » la mesure et « C » la consigne, on a $S = K1 (M - C)$. En réalité, ceci est exact à une constante près, ce qui donne en fait :

$$S = K + K1 (M - C)$$

On peut dire que l'action proportionnelle est un mode de régulation dans lequel il y a une relation linéaire continue entre la valeur de l'écart et la valeur de la grandeur réglante. Pour que ce soit plus parlant, nous allons prendre un exemple qui s'écarte quelque peu de la mer bien qu'on reste quand même dans l'élément liquide.

Exemple (fig. 1)

Un exemple simple d'action proportionnelle est donné par le système classique du robinet à flotteur. Soit un réservoir d'eau muni à sa base d'une tuyauterie d'évacuation dans laquelle le débit peut être réglé à l'aide d'une vanne R, et à son sommet d'une tuyauterie d'alimentation sur laquelle se trouve la vanne du « robinet à flotteur ». Lorsque le niveau de l'eau baisse, le flotteur par l'intermédiaire d'un bras de levier agit sur le clapet de la vanne pour augmenter le débit d'alimentation.

Supposons que l'ensemble ait atteint un certain état d'équilibre :

- Le débit de sortie est constant ;
- Le niveau est stable à une certaine hauteur ;
- Le débit d'alimentation est égal au débit de sortie.

Si on ouvre alors le robinet « R », créant ainsi une perturbation, le débit de sortie augmente ; par suite, puisqu'il y a déséquilibre entre le débit d'alimentation et le débit d'évacuation, le niveau baisse.

En baissant, il entraîne le flotteur qui ouvre la vanne « V » jusqu'au moment où le débit d'alimentation est égal au débit de sortie. A ce moment, les 2 débits sont

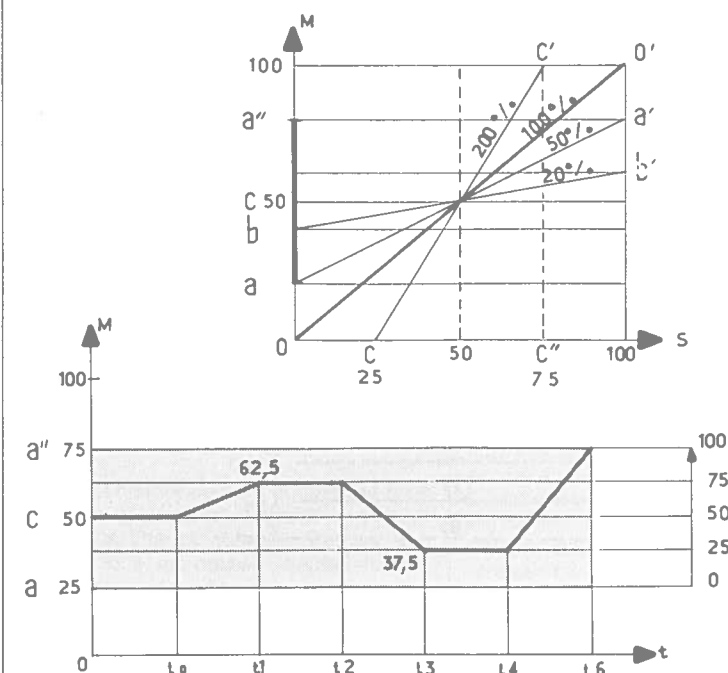


FIG.5

FIG.5

égaux. Le niveau se stabilise donc à une nouvelle hauteur. Pour que ce nouvel équilibre soit obtenu, il faut que la vanne « V » soit un peu plus ouverte que dans l'état d'équilibre précédent, donc que le flotteur soit descendu dans le réservoir. En conséquence, le niveau se stabilisera plus bas qu'auparavant.

Il y a donc eu apparition d'un écart sur la mesure, la régulation a bien joué son rôle qui est d'empêcher que le réservoir se vide. Mais le niveau varie suivant les conditions de marche.

Le processus est le même pour une diminution du débit de sortie, dans ce cas, le niveau se stabilisera plus haut que celui régnant à l'état d'équilibre initial.

On voit que le niveau ne peut rester à une valeur fixe que pour une seule valeur du débit de sortie.

Si on appelle « AA' », le déplacement de la vanne, on voit que l'on a :

$$AA' = \frac{AC}{BC} \times BB'$$

BB' est l'écart mesure-consigne en considérant le niveau initial réglé à la valeur de consigne qu'on s'est fixé.

K1 est donc égal à $\frac{AC}{BC}$ et la constante

K est donnée par la longueur de l'extension BD.

Par comparaison au pilote, on aura les correspondances suivantes :

- « Le niveau » s'apparente au cap ;
- « Le débit de sortie » s'apparente à l'effort résultant du vent et de la mer sur le bateau ;
- « Le débit d'alimentation » s'apparente à l'effort du gouvernail tendant à contrer l'effort résultant du vent et de la mer. Quand ces deux efforts opposés sont égaux on est à l'état d'équilibre ;
- Le robinet de remplissage V s'apparente à l'ensemble barre et safran ;
- La tringlerie ACBD s'apparente à la contre-réaction plus la liaison barre-servomoteur ;
- Le flotteur s'apparente à la détection compas ou girouette et au servomoteur.

DÉFINITION DE LA SENSIBILITÉ DU RÉGULATEUR

On suppose ici le régulateur fonctionnant en boucle ouverte, l'organe de réglage déconnecté.

La figure 2a représente la variation de la mesure dans le temps. Supposons que au temps Ta une perturbation apparaisse, la mesure passe de la valeur M1 à la valeur M2.

Sur la figure 2b, on voit les variations du signal de sortie correspondantes. Au même temps To, le signal de sortie peut être représenté par les courbes A, B ou C. Sur la courbe A, on voit la réponse dans le cas où le coefficient K1 est égal à l'unité, la variation du signal de sortie

correspondante est égale à la variation de la mesure M2 - M1. La courbe B montre le cas où K1 est inférieur à 1 et la courbe C montre le cas où K1 est supérieur à 1.

Le coefficient K1 s'appelle « sensibilité du régulateur ». On voit que la variation de la mesure du signal de sortie correspondant à une variation de la mesure de M1 à M2 est d'autant plus importante que la sensibilité est plus grande. Cela découle de la formule $S = K1 (M - C)$ à la constante K près.

On voit que le coefficient K1 est en fait pour les pilotes la quantité de barre :

$$S = \text{angle de barre}$$

$$(M - C) = \text{erreur de cap}$$

$$K1 = \frac{\text{quantité de barre}}{\text{angle de barre}}$$

$$K1 = \frac{\text{angle de barre}}{\text{erreur de cap}}$$

La quantité de barre est la valeur de l'angle de barre (safran) appliquée pour compenser un angle d'erreur de cap donné.

Elle s'exprime en degrés d'angle de barre par degrés d'erreur de cap.

NOTA : Il ne faut pas confondre ici le terme sensibilité avec celui généralement employé dans les notices des pilotes signifiant amplitude de la zone neutre.

FONCTIONNEMENT DU RÉGULATEUR

Ici le régulateur est normalement connecté à l'organe de réglage.

Supposons le système à régler dans un état d'équilibre stable et que, brusquement au temps To, la charge du système (ou l'effort résultant du vent et de la mer) change de valeur. L'état initial peut être caractérisé par la valeur S1 du signal de sortie (fig. 3a). Au temps To, la charge du système augmente de façon que si on voulait maintenir l'équilibre sans qu'il y ait variation de la mesure, il faudrait faire passer la sortie de S1 à S2.

Revenons à l'exemple de la chaîne de régulation représentée par le robinet à flotteur, le niveau et le robinet manuel R.

On suppose qu'avant l'apparition de la perturbation, la mesure est égale à la consigne C (navire au cap).

En présence de cette perturbation, la mesure va évoluer et s'écarte de la consigne, il va apparaître un écart mesure-consigne et le signal de sortie sera proportionnel à cet écart.

On voit donc pour qu'il y ait action du régulateur, il faut qu'il y ait écart, et puisqu'il y a écart, cela signifie que le signal de sortie n'a pas pu atteindre la valeur S2. Il se stabilisera par exemple à la valeur S'2 inférieure à S2.

Les courbes en trait fort des figures 3a et 3b montrent les variations correspondantes du signal de sortie et de la mesure. Ces variations sont théoriques, en pratique il n'y aura pas de réponse instantanée au temps To, et au lieu d'avoir une évolution suivant les courbes représentées en trait fort, on

aura une évolution suivant les courbes en pointillé.

BANDE PROPORTIONNELLE

La notion de bande proportionnelle est nécessaire pour la compréhension de la régulation, en général qu'elle soit proportionnelle ou proportionnelle et intégrale.

Pour une valeur donnée de la sensibilité K1, pour la valeur 2 par exemple, on définit une bande de l'échelle de mesure pour laquelle le signal de sortie du régulateur varie de son minimum à son maximum, de 0 à 100 % de son étendue totale.

C'est cette bande de mesure, bande fictive, qui porte le nom de bande proportionnelle. Autrement dit, la bande proportionnelle est la variation de la mesure qui provoque une variation du signal de sortie du régulateur égal à 100 % de l'étendue de l'échelle de ce signal.

La figure 4 représente les variations du signal de sortie en fonction de la mesure.

La mesure et le signal sont exprimés en pourcentage, le signal de sortie est en abscisse et la mesure en ordonnée.

Supposons que la consigne est fixée à 50 % de l'étendue de mesure et que pour cette valeur du signal de mesure, le signal de sortie est égal lui aussi à 50 %. Le segment de droite OO' est la courbe représentative du fonctionnement d'un régulateur ayant une bande proportionnelle de 100 %. En effet, on voit que le signal varie de 0 à 100 % pour une variation de la mesure de 0 à 100, c'est-à-dire de 100 % de cette étendue de mesure. De même, le segment de droite aa' représente le fonctionnement d'un régulateur ayant une bande proportionnelle de 50 %.

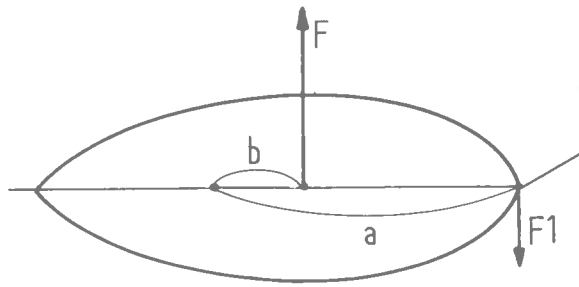


FIG. 7

On voit qu'une variation de la mesure passant du point a au point a'' fait varier le signal de 0 à 100. Le segment aa' a, dans l'exemple présent, une valeur égale à 50 % de l'étendue de mesure.

Le segment bb' représente le fonctionnement d'un régulateur ayant une bande proportionnelle de 20 %.

Le segment cc' une bande proportionnelle de 200 %.

Ici une variation de la mesure de 0 à 100 % n'entraîne qu'une variation de 25 à 75 %, soit 50 % du signal de sortie. Il faudra donc une variation de 200 % du signal de mesure pour faire varier le signal de sortie de 0 à 100 %.

On peut expliciter autrement cette notion de bande proportionnelle sur un graphique représentant l'évolution de la mesure dans le temps figure 5.

Supposons là encore que la consigne est fixée à la valeur 50 de mesure, on peut reporter sur l'axe des ordonnées les valeurs a et a'' pour lesquelles le signal de sortie est égal à 0 et 100 % de son étendue. Avec les conventions précédentes a et a'' doivent être symétriques de part et d'autre de la consigne. Si, par exemple, a est au point d'ordonnée 25, a'' est au point d'ordonnée 75, on définit ainsi un régulateur ayant une bande proportionnelle de 50 %. Les points a et a'' déterminent une bande représentée par la zone ombrée. Cette bande sera caractéristique du fonctionnement du régulateur. On peut elle aussi la graduer de 0 à 100 %. Cette graduation matérialise la valeur du signal de sortie correspondant à la valeur de la mesure représentée à gauche. La courbe en trait fort représente l'évolution de la mesure dans le temps.

Du temps 0 à T_0 , la mesure est en coïncidence avec la consigne. Elle a pour valeur 50 et le signal de sortie a pour valeur 50 lui aussi. De T_0 à 1, la mesure croît de 50 à 62,5 et le signal de sortie passe de 50 à 75.

t_2 et t_3 , la mesure passe de 62,5 à 37,5, la sortie passe de 75 à 25 %.

t_4 et t_5 , la mesure passe de 37,5 à 75, la sortie passe de 25 à 100 %.

On voit que, à l'extérieur de cette bande hachurée, la régulation n'a plus de signification et si la mesure en sort le signal de sortie est en butée à 0 ou 100 %. Par exemple, la vanne sera complètement ouverte ou fermée, ou pour un pilote, la barre sera en bout de course à tribord ou à bâbord.

La régulation ne reste efficace que si la mesure reste à l'intérieur des limites de cette bande proportionnelle. Les limites supérieures et inférieures de la bande proportionnelle matérialisant la saturation du régulateur.

On peut remarquer que plus la bande est étroite, plus faible est la variation de la mesure qui fera passer le signal de sa valeur mini à sa valeur maxi, donc plus le régulateur réagira rapidement. Autrement dit, la sensibilité d'une régulation proportionnelle est d'autant plus grande que la bande est plus étroite. La sensibilité $K1$ est donc l'inverse de la bande proportionnelle.

Pour $K1 = 2$, bande proportionnelle = 50 %.

Pour $K1 = 1$, bande proportionnelle = 100 %.

Pour $K1 = 0,5$, bande proportionnelle = 200 %.

La bande proportionnelle maximum dépendra pour les pilotes de l'étendue de mesure du compas, c'est-à-dire le secteur d'angle pour lequel son signal de mesure pourra varier de 0 à 100 %.

Prenons l'exemple de l'Autohelm 2000 (fig. 6). Sur ce pilote, il est possible de régler la quantité de barre de 0,2 à 1,6° d'angle de barre par degré d'erreur de cap.

L'angle de barre maxi (possible par la course du vérin) par rapport à la barre à 0 est d'environ $\pm 17^\circ$.

Supposons l'étendue de mesure se situant aux environs de $\pm 15^\circ$ par rapport au cap consigne.

La bande proportionnelle minimum sera de :

$$\frac{17}{1,6} = \pm 10,6^\circ \text{ soit BP} = 21,2^\circ$$

ou en pourcentage $\frac{100 \times 21,2}{30} = 70,7 \%$

courbe de fonctionnement (C).

La bande proportionnelle maximum serait théoriquement de :

$$\frac{17}{0,2} = \pm 85^\circ \text{ soit BP} = 170^\circ$$

ou en pourcentage $\frac{100 \times 170}{30} = 566,6 \%$

courbe de fonctionnement (D) mais elle ne pourra excéder $\pm 15^\circ$ soit 30° , puisque au-delà de cette valeur le signal de mesure ne varie plus.

Dans ce cas, l'angle de barre maximum efficace et proportionnel ne pourra excéder $15 \times 0,2 = \pm 3^\circ$.

Plus le bateau aura une grande inertie de manœuvre, plus il faudra réduire la bande proportionnelle.

La courbe de fonctionnement C correspond à la bande proportionnelle de 100 %.

Dans le cas d'un compas ou d'une girouette, intervient en plus la notion de zone neutre.

DÉFINITION DE LA ZONE NEUTRE

C'est le secteur d'angle dans lequel le bateau peut évoluer sans entraîner une correction de la part du pilote.

La mesure pourra donc varier dans cette zone sans que l'angle de barre soit modifié.

Cette zone est représentée sur la figure 6. Sur plusieurs notices, elle est appelée sensibilité.

Plus la mer sera mauvaise, plus cette zone sera large évitant ainsi le fonctionnement abusif du pilote lors des embar-

dées périodiques et limitant sa consommation.

La zone neutre sera toujours plus petite que la bande proportionnelle.

En fait, cette zone détermine le seuil d'enclenchement du moteur de part et d'autre du cap consigne, mais n'intervient pas sur son arrêt, sauf dans le cas d'un capteur à fonctionnement tout ou rien, au différentiel entre son point d'enclenchement et de déclenchement près.

FONCTIONNEMENT DE L'ACTION PROPORTIONNELLE

Un bateau est toujours maintenu en état d'équilibre sur un cap, par deux forces de sens opposé. Elle sont proportionnelles au rapport de leurs distances d'application au point de rotation du bateau. La figure 7 schématise cet état d'équilibre.

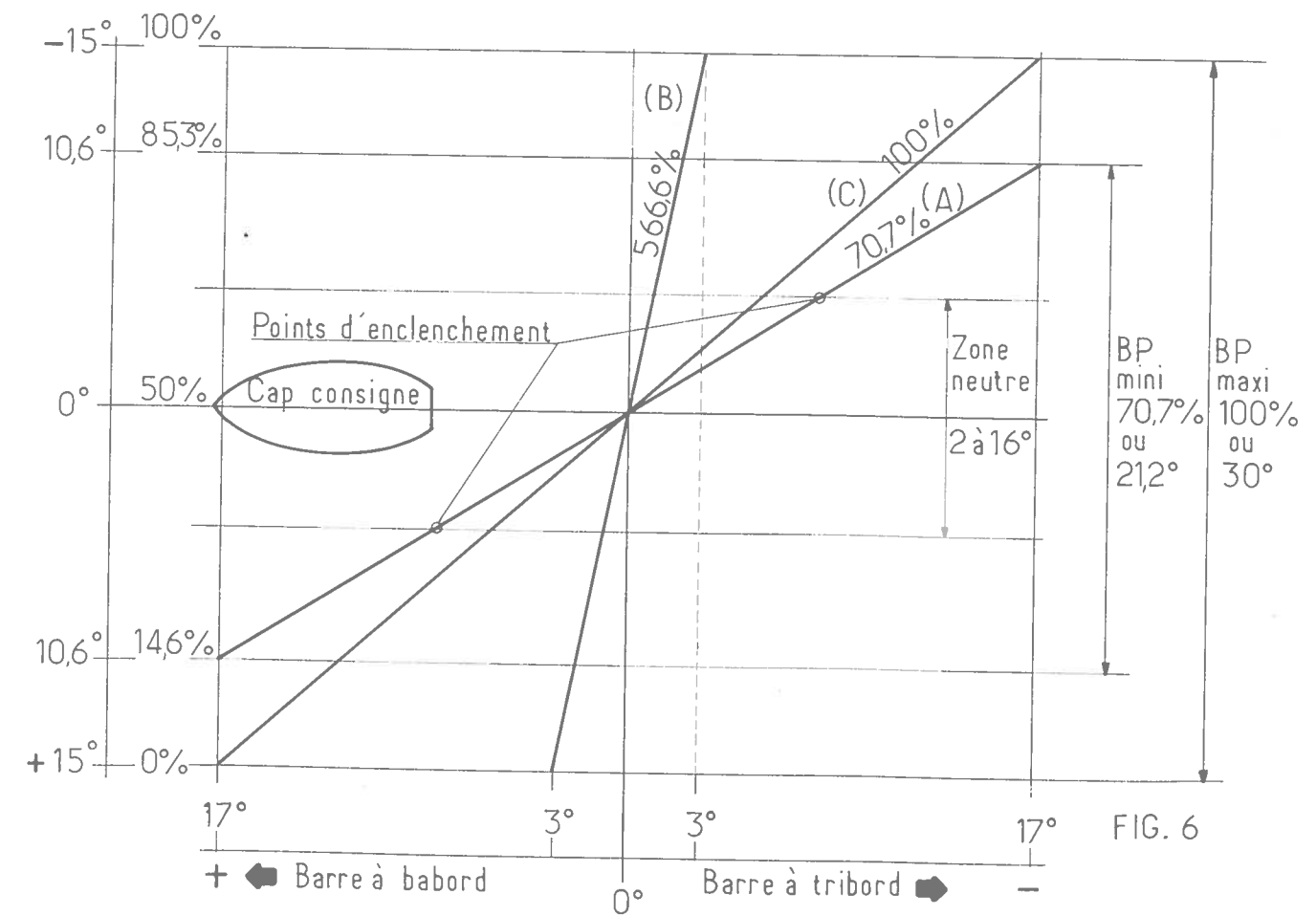


FIG. 6

Supposons F la résultante des efforts des éléments perturbateurs (vent et mer) et F1 la poussée du safran, on pourra écrire :

$$F1 \times a = F \times b$$

$$F1 = F \times \frac{b}{a}$$

Cette fonction peut être représentée par une droite D de pente $\frac{b}{a}$.

Figure 8, cette droite est en réalité ici le symétrique de $F1 = F \times \frac{b}{a}$

On peut dire aussi que F1 est proportionnel à l'angle de barre, donc l'angle de barre, suivra la même loi.

Supposons le bateau en équilibre vent arrière, en ciseau, la barre à 0, on aura $F1 = 0$, d'où $F = 0$.

La droite D sera en A, A étant le point de fonctionnement.

Une perturbation permanente apparaît et fait augmenter la résultante F faisant tourner le bateau sur babord.

La droite D se déplace en D1 et le point de fonctionnement A se déplace en A1. L'angle de barre correspondant sera α^1 et le nouveau cap suivi sera C1. L'écart CC1 est l'erreur de l'action proportionnelle. Cet écart est nécessaire pour assurer le fonctionnement du régulateur.

CONCLUSIONS SUR L'ACTION PROPORTIONNELLE

On voit qu'un pilote à action proportionnelle simple ne permettra pas de suivre un cap rigoureusement exact à cause de cet écart CC1 qui est un mal nécessaire.

Cet écart sera d'autant plus grand que la bande proportionnelle sera plus large (voir fig. 8). Pour la droite de fonctionnement B', découlant d'une BP plus large, le point A sera en A2 et le cap en C2, d'où $CC2 > CC1$.

On peut aussi en déduire qu'il sera fonction de la résultante F, et F fonction en grande partie de l'équilibrage de la voilure du bateau. D'où l'intérêt, sur un voilier fonctionnant sur pilotage automatique, d'équilibrer soigneusement ses voiles et d'enlever de la toile plus vite qu'en pilotage manuel.

Cette erreur de cap peut être rectifiée par l'adjonction d'une action intégrale.

ACTION INTÉGRALE

Reprenons l'exemple précédent: le bateau en équilibre en A1 sur le cap C1. Un observateur se rend compte de l'erreur de cap et l'annule manuellement en rajoutant un angle de barre supplémentaire de valeur $\alpha^4 - \alpha^1$ ramenant ainsi A1 en A4 sur le cap consigne.

Cette action correctrice qui se superpose à l'action proportionnelle s'appelle action intégrale.

DÉFINITION DE L'ACTION INTÉGRALE

L'action intégrale est un mode de régulation dans lequel la vitesse de déplacement de l'organe de réglage est proportionnelle à l'écart mesure consigne.

Autrement dit, $\frac{ds}{dt} = K2 (M - C)$

ou $S = K2 \int (M - C) dt$

Cette deuxième équation nous amène à une autre définition qui est la suivante :

La valeur du signal de sortie au temps t est proportionnelle à l'aire comprise entre la courbe mesure et la consigne au temps t (fig. 9).

NATURE DE L'ACTION INTÉGRALE

Revenons à la figure 9, on suppose que la mesure est égale à la consigne jusqu'au temps t0 où apparaît une perturbation. Nous savons que d'après ce que nous avons vu précédemment concernant l'action proportionnelle, que cette action à elle seule ne pourra supprimer l'écart introduit par cette perturbation. Si on y superpose une action qui est proportionnelle à l'aire hachurée, nous voyons que cette action va aller en augmentant tant que cette aire ira en augmentant, c'est-à-dire tant que subsiste un écart.

Dans le cas de la figure 9, l'action intégrale ira en augmentant jusqu'au temps t2 où, l'écart étant nul, la surface comprise entre la courbe mesure et la courbe consigne cesse d'augmenter. La figure 10 donne l'allure du signal de sortie. Puisqu'au temps t2 l'écart a disparu et puisque à ce moment l'action intégrale cesse d'augmenter, l'équilibre est rétabli.

On peut montrer que l'on a atteint un nouvel état d'équilibre en disant que puisque l'action intégrale a une vitesse qui est proportionnelle à l'écart quand l'écart est nul, la vitesse est nulle.

RELATION ENTRE LA BANDE PROPORTIONNELLE ET L'ACTION INTÉGRALE

Reprenons l'exemple du robinet à flotteur.

On a vu au début qu'une baisse de niveau entraînait une descente du flotteur et une ouverture de la vanne V (fig. 1), puis une stabilisation du niveau au-dessous du niveau de consigne. Pour rétablir le niveau initial, il faut enfoncer le flotteur dans l'eau, ouvrant ainsi un peu plus la vanne. Le même résultat pourrait être obtenu en diminuant la longueur BD que nous avons assimilée au coefficient K dans la formule $S = K + K1 (M - C)$.

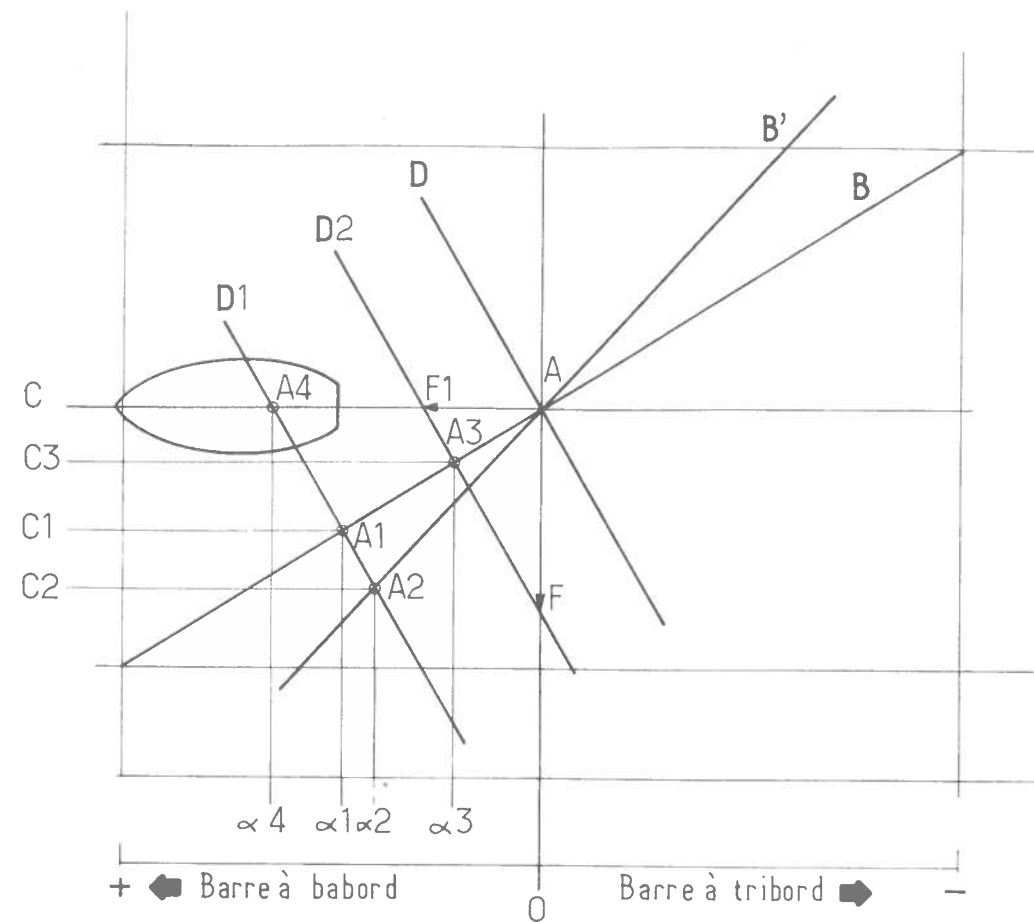


FIG. 8

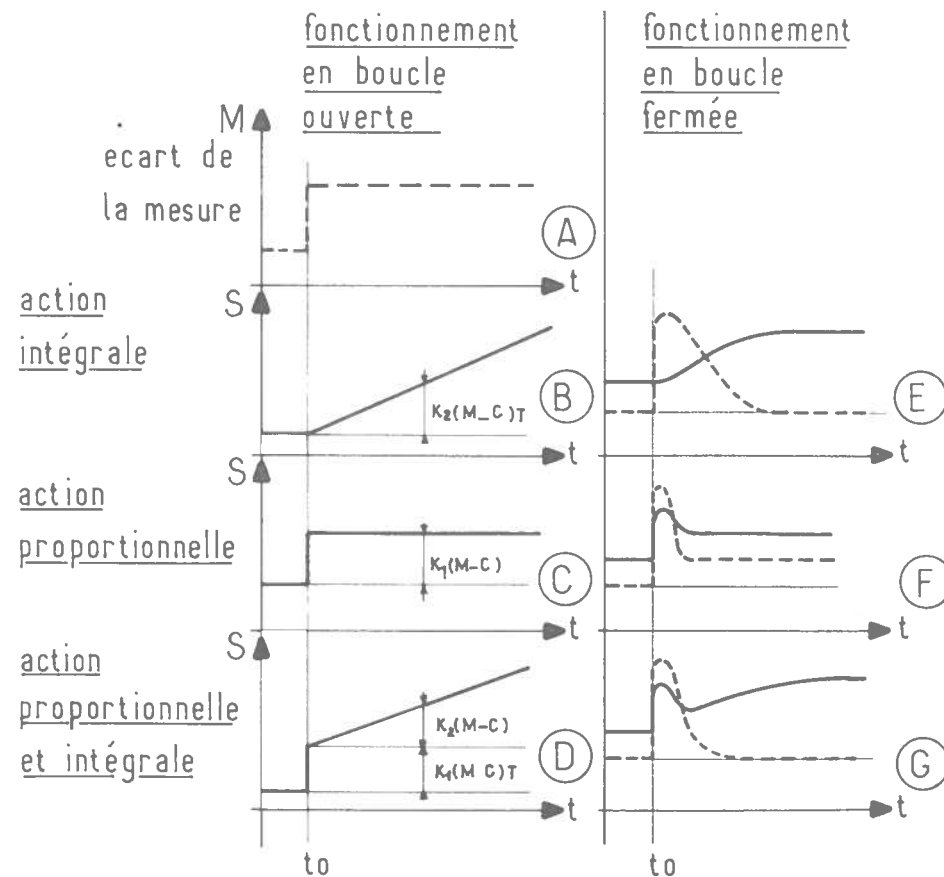


FIG.12

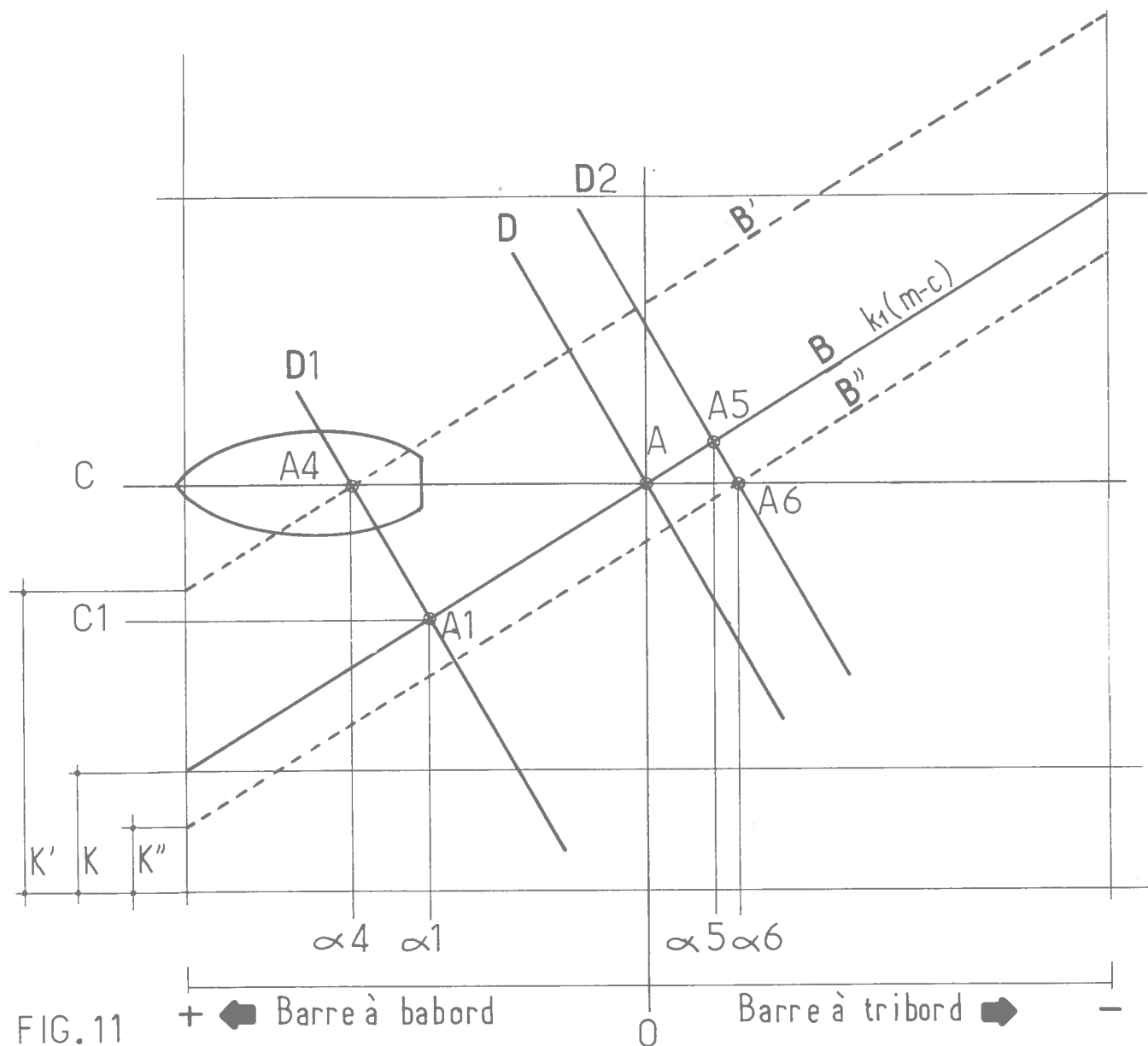


FIG. 11

Regardons la figure 11 reprenant les éléments de la figure 8. Le coefficient K est la distance séparant l'origine de la droite B représentant la fonction $K1(M-C)$ de l'origine du diagramme. Peu importe la valeur K, seules ses variations nous intéressent.

La droite B est donc bien de la forme $S = K + K1(M-C)$ ou $Y = ax + b$

Supposons comme précédemment le bateau en équilibre en A, une perturbation le fait aller sur bâbord, A viendra en A1 au cap C1. Pour le faire revenir au cap C, il faudra déplacer le point A de A1 en A4, donc donner un angle de barre supplémentaire $\alpha^4 - \alpha^1$ sur bâbord.

En supposant un pilote à vérins placé à tribord, ceci revient à sortir un peu plus le vérin ou à déplacer la fixation de l'ensemble vers bâbord, donc d'augmenter le coefficient K. Ce qui revient aussi à déplacer la droite de fonctionnement B en B' ou de décaler la bande proportionnelle vers le haut de la valeur $K' - K$. Ce décalage sera réalisé automatiquement par l'action intégrale. On peut raisonner de la même façon pour un déplacement du bateau sur tribord. Dans ce cas, il faudra rentrer le vérin de la valeur $K - K''$.

Sur certains pilotes, un bouton appelé souvent « trim » permet d'effectuer manuellement ce décalage.

CONCLUSION SUR L'ACTION INTÉGRALE

Cette action permet un maintien rigoureux du cap quand elle est couplée à l'action proportionnelle.

Elle permet, en effet, de continuer l'action sur la barre tant que l'écart de cap n'est pas totalement annulé. Cette action, contrairement à l'action proportionnelle, n'est pas réglable sur le pilote, le réglage est effectué d'origine.

ACTION INTÉGRALE ET PROPORTIONNELLE

Pour avoir une vue plus précise des effets de ces deux actions conjuguées, j'ai figuré sur la figure 12 les diagrammes de fonctionnement récapitulatifs de ces deux actions.

- La colonne de gauche suppose le pilote fonctionnant en boucle ouverte, donc sans liaison avec la barre et représente en A l'écart de mesure et en BCD la forme du signal de sortie correspondant à chaque action.

- La colonne de droite représente, en pointillé, l'évolution du cap et, en trait plein, la forme du signal de sortie en boucle fermée, le pilote en liaison avec la barre.

Action intégrale

Supposons un écart de cap permanent au temps t_0 en A.

Le signal de sortie du pilote est une droite de la forme $S = K2(M-C)t$. En boucle ouverte (fig. B) puisque variant à vitesse constante, l'écart étant constant.

En E, le fonctionnement est représenté en boucle fermée. Dans ce cas, il y a action du régulateur sur la mesure et action de la mesure sur régulateur.

On voit qu'après un écart brutal de cap l'action intégrale ramène lentement au cap consigne (courbe pointillée).

Le signal de sortie se modifie en conséquence.

Action proportionnelle

Toujours dans le cas d'un écart de cap permanent, au temps t_0 , le signal de sortie du pilote est une droite parallèle à l'axe des abscisses de la forme $K1(M-C)$ en boucle ouverte (fig. C).

En F, on voit que le cap, après un écart brutal, se stabilisera plus rapidement mais à un cap différent.

Action proportionnelle et intégrale

Toujours dans le cas d'un écart permanent au temps t_0 , le signal de sortie est de la forme indiquée en D. Il y a d'abord l'action proportionnelle qui agit, puis l'action intégrale qui se superpose.

Cela donne en boucle fermée un écart brutal de cap qui revient assez rapidement vers la consigne sous l'effet de l'action proportionnelle puis se rétablit plus lentement au cap consigne.

L'action proportionnelle agit toujours avant l'action intégrale. Cette dernière étant fonction du temps écoulé à partir de la perturbation.

Après cet exposé rapide sur les différents types de régulation, vous trouverez dans les pages suivantes la description des pilotes et régulateurs d'allures existants. Ils seront classés en trois grandes familles :

- I. - Pilotes automatiques pour barres franches ou barres à roues de petites puissances avec leur complément pour fonctionnement en régulateur d'allure.
- II. - Régulateur d'allure à pendulum et leur complément en pilote.
- III. - Les pilotes automatiques pour barres hydrauliques et mécaniques de grandes puissances.

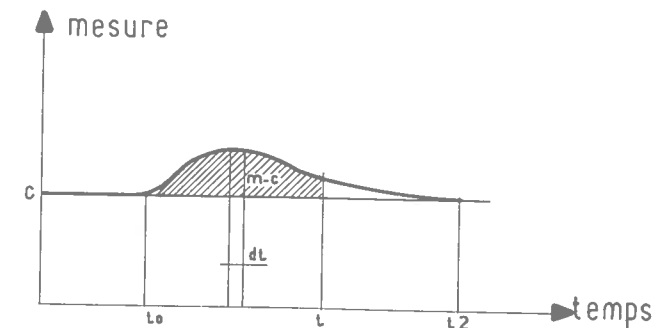


FIG. 9

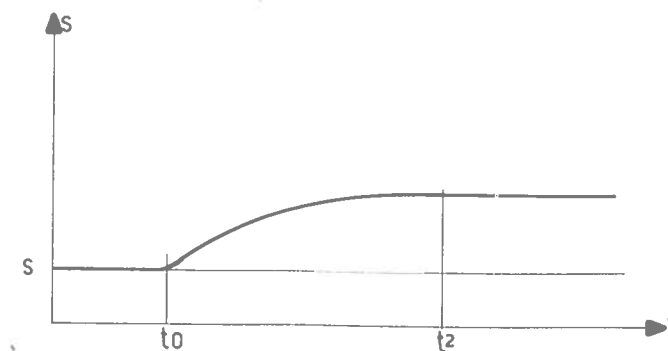


FIG. 10

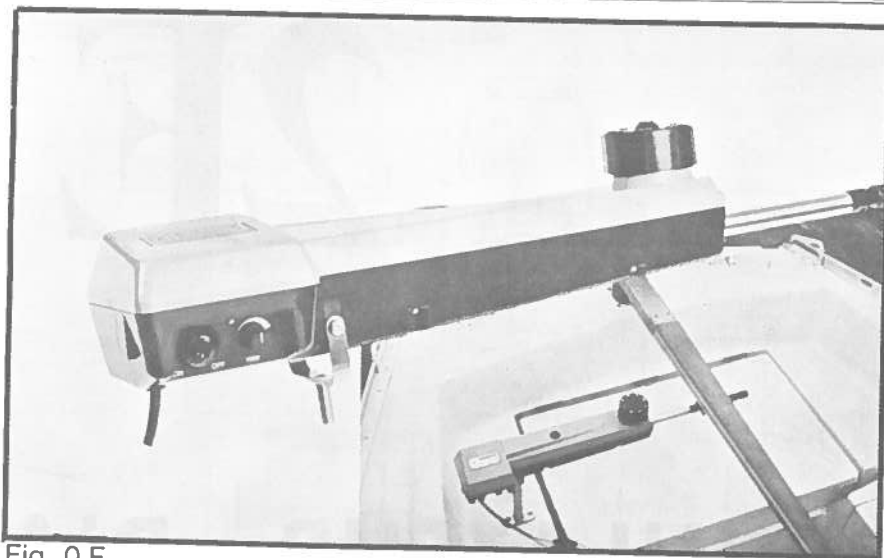


Fig. 0 F

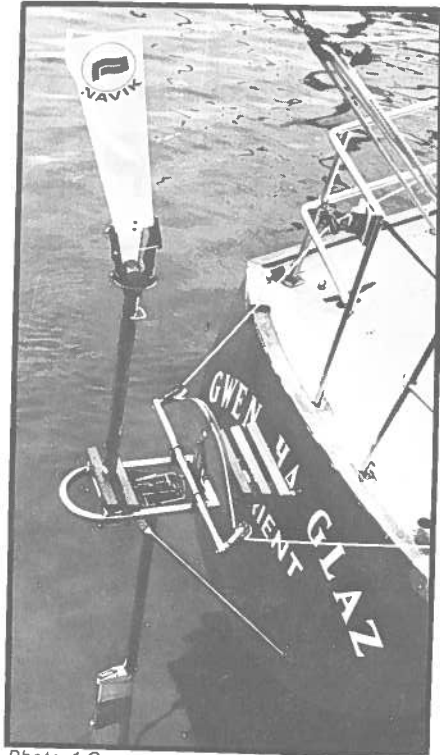


Photo 1 G

RÉGULATEUR D'ALLURE ET PILOTE AUTOMATIQUE NAVIK
(photo 1 G)

Cet appareil est fabriqué par PLAS-TIMO.

Ce régulateur d'allure est du type proportionnel.

DESCRIPTION DE LA FIGURE 1 G : Il comprend un aérien de taille relativement réduite, équilibré par un contrepoids, monté sur une tourelle orientable placée sur une traverse. Cette traverse est fixée sur un bâti support en tube inox solide du tableau arrière du bateau.

Une pale immergée munie d'un Fletner

est suspendue par un arbre porte-pale inox, comportant à sa partie supérieure un axe de rotation permettant à la pale d'effectuer un mouvement pendulaire. L'arbre porte-pale est solidaire d'un secteur d'entraînement en bois à gorge, sur lequel sont fixées les drosses de manœuvre de barre. Ces drosses sont dirigées vers la barre par l'intermédiaire de poulies et y sont fixées par 2 conduits coinçeurs pour les barres franches et enroulées sur 2 tambours de diamètres différents, au choix pour les barres à roue.

L'aérien est relié au Fletner immergé par 2 tringleries placées dans la traverse et dans l'arbre porte-pale. Le mouvement vertical de la première, engendré par l'inclinaison de l'aérien (photo 4 G) est transformé en mouvement de rotation dans la deuxième pour orienter le Fletner.

L'effort engendré sur le Fletner par l'eau permet de faire pivoter la pale autour d'un axe de rotation concentrique à l'arbre porte-pale. L'incidence de la pale par rapport à la direction suivie par le bateau engendre une poussée de l'eau entraînant la pale dans un déplacement pendulaire, entraînant à son tour la rotation du secteur d'entraînement autour de son axe et, par contrecoup, le déplacement de la barre.

La différence essentielle de ce régulateur avec les appareils similaires se situe dans l'obtention de l'angle d'incidence de la pale par l'action d'un Fletner de petite taille demandant peu d'effort à l'aérien pour le manœuvrer.

La contre-réaction est obtenue par réaligement du Fletner et inversion de son angle d'incidence à mesure que la pale se déplace sur un bord ou sur l'autre ramenant ainsi progressivement la pale vers l'axe du bateau quand l'écart de cap diminue.

D'autre part, l'aérien pivotant sur un axe de rotation incliné d'environ 8° par rapport à l'horizontale, son inclinaison est fonction de l'erreur de cap.

L'effort sur la barre est évidemment fonction de la vitesse du bateau.

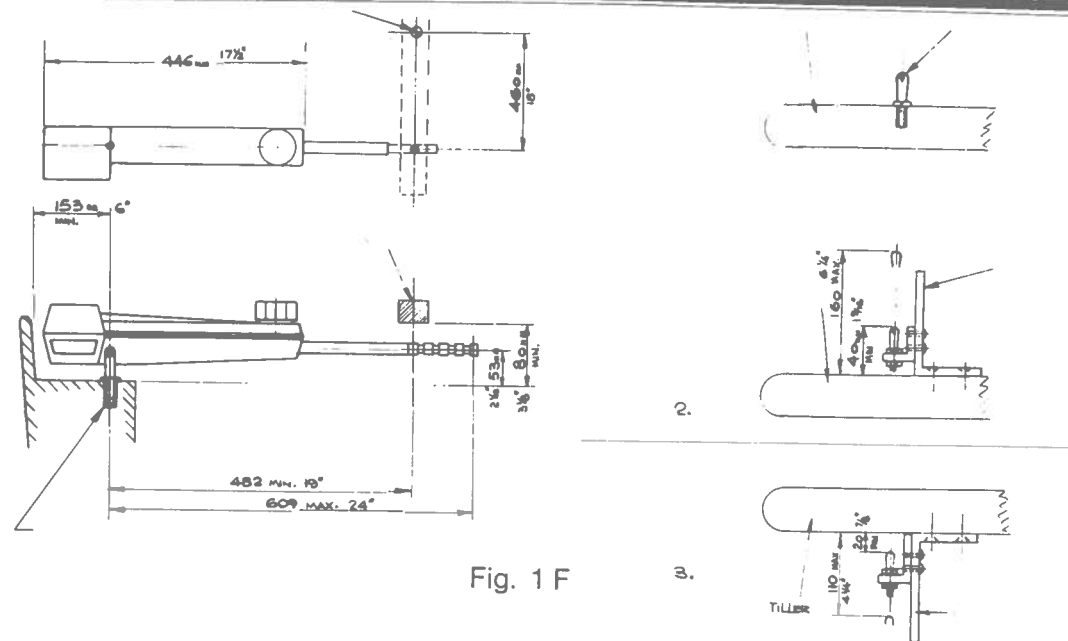


Fig. 1 F

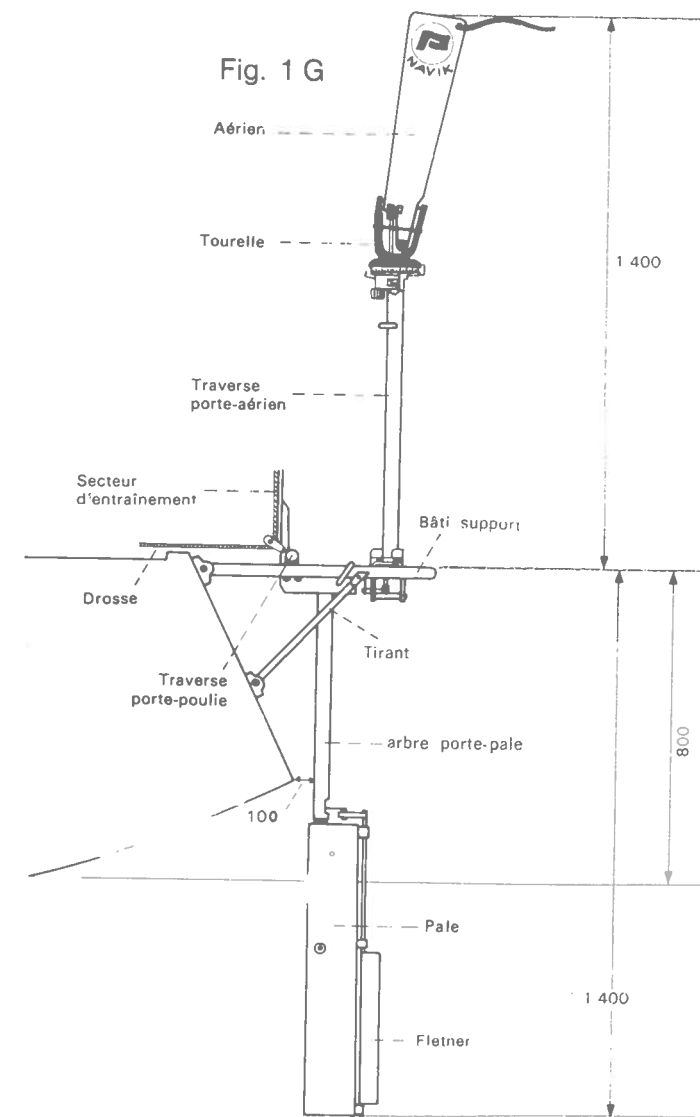


Fig. 1 G

ORIENTATION DE LA TOURELLE (photo 4 G) : Le changement d'orientation de la tourelle se fait en agissant sur un bouton moleté solidaire d'un pignon entraînant la couronne graduée de la tourelle.

RÉGLAGE DE LA QUANTITÉ DE BARRE : Ce réglage peut être obtenu en changeant le point de fixation des drosses sur la barre franche ou en changeant de tambour sur la barre à roue.

SÉCURITÉ DE LA PALE CONTRE LES CHOCS : Un verrouillage comportant un ressort taré placé à l'extrémité de l'arbre porte-pale permet à cet ensemble, en cas de choc, de se déverrouiller et de basculer vers l'arrière.

MONTAGE : Ce régulateur peut être monté sur :

- Tableau incliné ;
- Tableau droit ;
- Pont ;
- Tableau à safran extérieur (photo 8 G).

LIMITE DE TAILLE DE BATEAU : 15 mètres, éventuellement possible au-dessus suivant caractéristiques du bateau.

Équipement complémentaire
Commande à distance électrique autonome (photo 9 G) : Cette commande est composée d'un petit moteur-ducteur se montant à la place du bouton moleté d'orientation et d'un boîtier de commande avec inverseur à retour à zéro, contenant 2 piles. La durée d'utilisation *en continu* est de l'ordre de

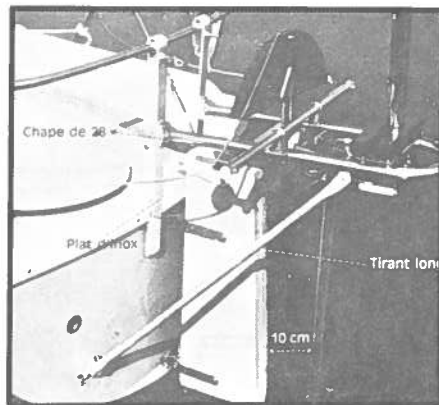


Photo 8 G

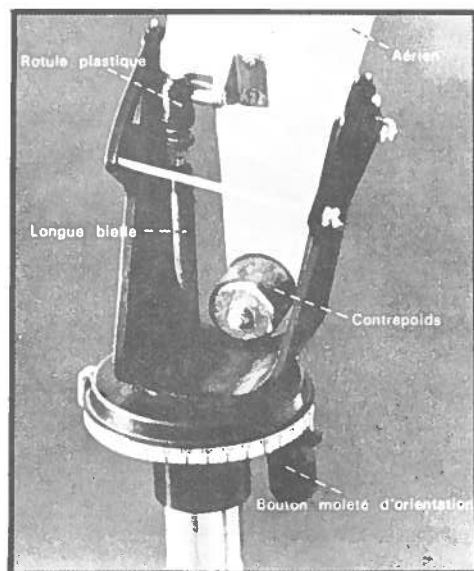


Photo 4 G

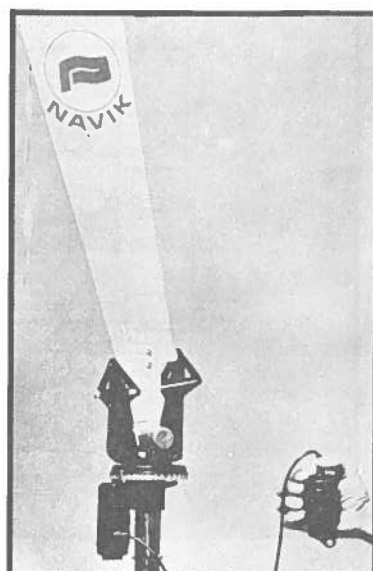


Photo 9 G

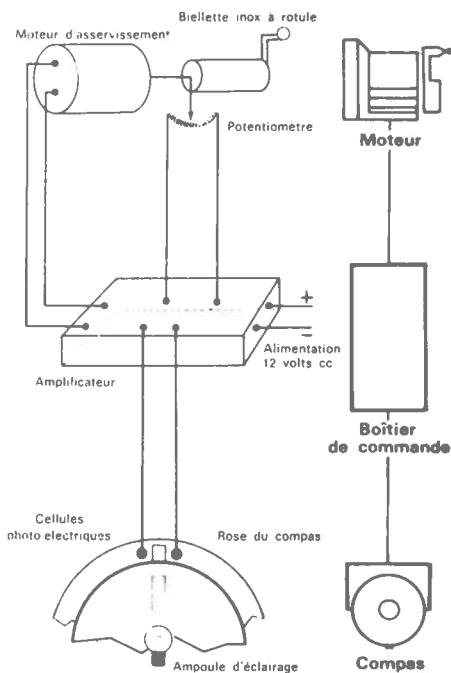


Fig. 4 G Schéma de principe

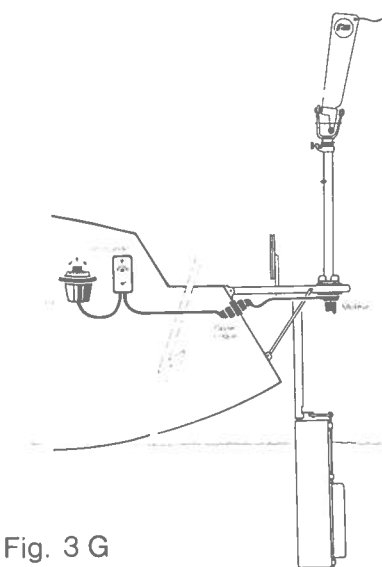


Fig. 3 G

vingt-quatre heures. Un câble de 6 mètres permet de commander la tourelle de l'intérieur du bateau. La vitesse de déplacement de la tourelle est de 360° en 60 secondes. Une impulsion permet de faire varier l'orientation de 2°.

PROCÉDURE DE MISE EN SERVICE :

- Régler le bateau à l'allure choisie.
- En se plaçant sous le vent de l'aérien, pour ne pas perturber les filets d'air faire pivoter la tourelle pour orienter l'aérien dans l'axe du vent apparent indiqué par le pénon.
- Barre dans la position d'équilibre, frapper les drosses.
- Déverrouiller l'aérien en faisant pivoter le contre-poids, modifier l'orientation de la tourelle pour affiner le cap.

PILOTE AUTOMATIQUE NAVIK :

Le régulateur d'allure peut fonctionner en pilote automatique par l'adjonction d'un « capteur compas » d'un boîtier de commande et d'un servomoteur. Cet ensemble remplace dans ce cas l'aérien qui est débrayé (fig. 3 G).

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT (fig. 4 G) : Ce pilote est du type proportionnel. Plus le bateau s'écarte de sa route, plus le compas équipé de 2 cellules photo-électriques montées en pont, délivre une tension importante dans le sens voulu, pour ramener le bateau à son cap.

Cette tension fournie à l'amplificateur situé dans le boîtier de commande permet à celui-ci de faire tourner le moteur qui entraîne le déplacement de la biellette inox à rotule, agissant sur le Fletner de la pale immergée.

La biellette est solidaire d'un potentiomètre de « copie » ou de « contre-réaction ». Quand la tension déterminée par le potentiomètre est assez élevée pour équilibrer celle fournie par le compas, le moteur s'arrête. Le déplacement de la biellette est fonction de la tension fournie par le compas, donc fonction de l'écart de cap. Le déplacement pendulaire de la pale immergée, donc de l'angle appliqué, sera d'autant

plus important que l'écart de cap sera grand.

Dans la pratique, l'angle de barre diminue progressivement jusqu'à ce que le bateau soit revenu sur sa route, évitant ainsi l'effet de lacets.

Sur le boîtier de commande, un potentiomètre permet de régler la bande proportionnelle, donc la rapidité de réponse de l'ensemble.

COMPAS : (photo 10 G) Il est monté sur double cardan, il comprend l'unité magnétique coiffée d'une rose graduée en 360°. Une grosse molette permet de faire tourner l'ensemble, cellules et ampoule d'éclairage, et au-delà d'un certain angle de débattement libre, l'équipage magnétique, par l'intermédiaire de la butée située dans une encoche de la rose du compas (fig. 5 G).

Comme dans un compas traditionnel, la rose de l'unité magnétique est immobile et toujours orientée vers le nord magnétique. Le corps du compas solidaire du bateau par son étrier pivote

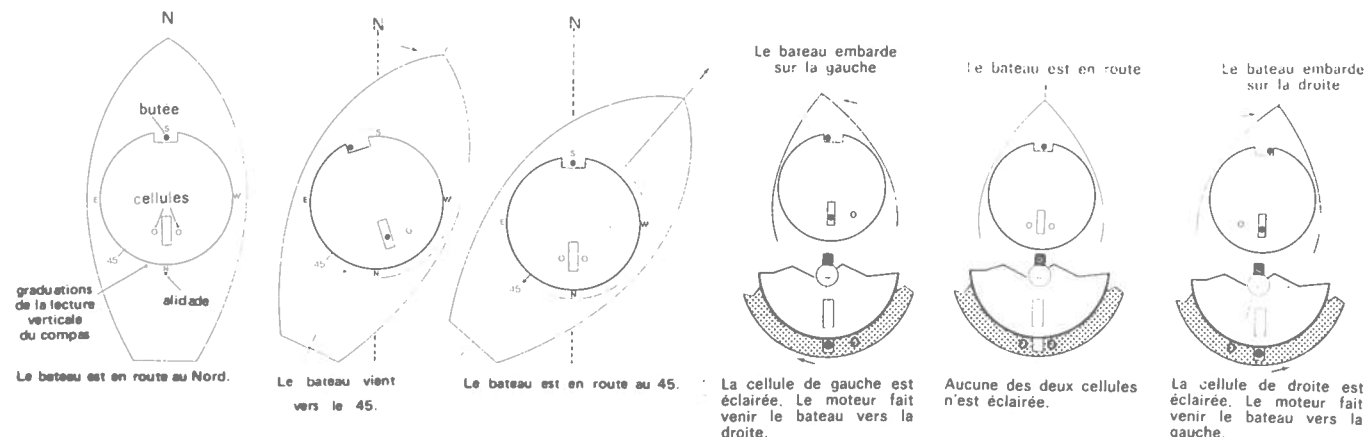


Fig. 5 G

Phases de fonctionnement le bateau en route

Fig. 6 G

autour d'elle. Le cap s'affiche en mettant la graduation du cap en face de l'alidade fixée sur le corps du compas dans la ligne de foi du bateau.

EXEMPLE : Le bateau étant en route au nord (fig. 5 G). Pour faire venir le bateau en route au 45, il faut afficher le 45 derrière l'alidade en faisant pivoter le compas avec la molette supérieure dans le sens « vient à droite ». (photo 10 G). La butée vient donc sur la gauche et entraîne la rose de l'unité magnétique. La rose tend à revenir vers le nord, donc vers la droite, la cellule de gauche est éclairée, le moteur agit et fait venir progressivement le bateau vers la droite.

Lorsque le bateau arrive sur le 45, la rose est revenue à sa position initiale, cap au nord. La butée est au milieu de l'encoche de la rose de l'unité magnétique, aucune des deux cellules n'étant éclairée, le pont est équilibré, le moteur est arrêté.

Le bateau est en route au 45.

Pour affiner le réglage, il faut se fier au compas de route et retoucher en conséquence la position de la molette du compas du pilote.

PHASES DE FONCTIONNEMENT, LE BATEAU EN ROUTE : La figure 6 G représente ces différentes phases. Il faut se représenter les différents éléments sur 3 plans différents. L'ampoule au-dessus, la partie ombrée avec les cellules dessous et entre les 2, la rose du compas avec l'évidement rectangulaire.

BOÎTIER DE COMMANDE : Il renferme le circuit électronique. Sur sa face avant se trouvent :

- L'interrupteur marche-arrêt ;
- Le potentiomètre de réglage de la bande proportionnelle ;
- Deux diodes lumineuses « led », une rouge pour bâbord et une verte pour tribord indiquent la position du bateau par rapport à sa route.

LE SERVOMOTEUR : Un boîtier en matière plastique chargée verre renferme le moteur et le potentiomètre de « copie » solidaire de la biellette inox à rotule. Cette biellette est montée sur l'axe de sortie avec une sécurité à bille

et ressort, se débrayant si l'effort sur la biellette est anormal, afin de protéger le mécanisme d'entraînement. L'étanchéité est faite par joint torique et le boîtier est fermé par un capot étanche en inox.

PROCÉDURE DE MISE EN SERVICE :

- 1° Bloquer l'aérien.
- 2° Amener le bateau au cap.
- 3° Afficher le cap du compas de route sur le compas du pilote.
- 4° Mettre le bouton de réglage de route sur le compas du pilote.
- 5° Frapper les drosses sur la barre franche.
- 6° Brancher la biellette articulée sur la biellette inox à rotule du moteur pilote.
- 7° Mettre l'interrupteur du boîtier de commande sur marche.
- 8° Attendre que les 2 diodes soient éteintes, comparer le cap suivi au cap souhaité sur le compas de route et rectifier si nécessaire.

*

RÉGULATEUR D'ALLURE ET PILOTE AUTOMATIQUE ATOMS

Cet appareil (photo 1 H) est fabriqué et distribué par la société : ATOMS

Il est également distribué par la : COMPAGNIE RADIO MARITIME C.R.M., Ce régulateur est du type proportionnel.

DESCRIPTION DE LA FIGURE 1 H : Ce régulateur comprend un aérien (équilibré par un contre-poids), monté sur une tourelle orientable, placée sur un mât, solidaire du tableau arrière du bateau.

Une pale immergée en spruce est suspendue sur un tube pendule comportant à sa partie supérieure un axe de rotation permettant à la pale d'effectuer un mouvement pendulaire perpendiculaire à l'axe du bateau. Ce pendule est

solidaire d'un secteur circulaire en métal à gorge, sur lequel sont fixées les drosses de manœuvre de barre. Ces drosses sont dirigées vers la barre par l'intermédiaire de poulies et y sont fixées par 2 conduits coinçeurs (photo 2 H), pour les barres franches et enroulées sur 2 tambours de diamètres différents au choix (photo 3 H) et bloquées par 2 conduits coinçeurs pour les barres à roues. L'aérien est relié à la pale immergée par une tringlerie placée dans le mât. Le mouvement vertical de celle-ci engendré par l'inclinaison de l'aérien (photo 4 H) est transformé en mouvement de rotation par bielle manivelle. Ce mouvement de rotation est transmis à l'axe de rotation de la pale immergée concentrique au tube pendule.

L'incidence de la pale par rapport à la direction suivie par le bateau engendre une poussée de l'eau entraînant la pale dans un déplacement pendulaire, entraînant à son tour la rotation du secteur d'entraînement autour de son axe et, par contre-coup, le déplacement de la barre. La contre-réaction est obtenue par réalignement de la pale et inversion de son angle d'incidence à mesure que la pale se déplace sur un bord ou sur l'autre ramenant ainsi progressivement la pale vers l'axe du bateau quand l'écart de cap diminue.

D'autre part, l'aérien pivotant sur un axe de rotation incliné d'environ 8° par rapport à l'horizontale, son inclinaison est fonction de l'erreur de cap. L'effort sur la barre est fonction de la vitesse du bateau.

ORIENTATION DE LA TOURELLE (photo 4 H) : L'orientation de la tourelle se fait par l'intermédiaire de 2 lignes de réglage 5 à partir du cockpit en tirant sur l'une ou sur l'autre.

RÉGLAGE DE LA QUANTITÉ DE BARRE : Ce réglage peut être obtenu en changeant le point de fixation des drosses sur la barre franche ou par l'intermédiaire d'une itague (fig. 2 H).

Dans le cas de l'itague, les déplacements de la barre sont divisés par 2. Sur la barre à roue, le changement de quantité de barre est obtenu en dépla-

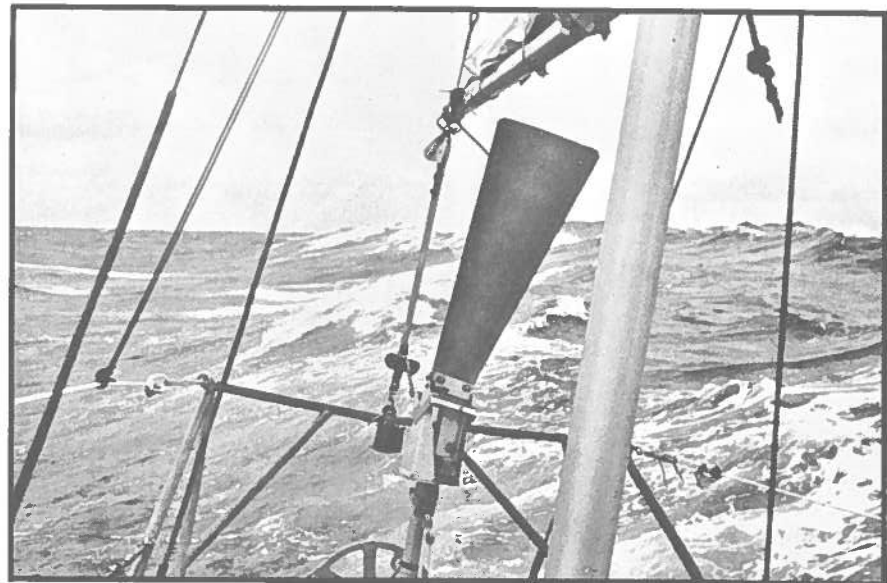


Photo 1 H

çant les drosses d'un tambour à l'autre (fig. 3H). L'emploi du grand tambour diminuera le déplacement de la barre et inversement pour le petit tambour.

SECURITE DE LA PALE CONTRE LES CHOCS: Un verrou à ressort taré 23 maintient la pelle verticale dans son étrier support. En cas de choc d'avant en arrière, la pale déplace le verrou et remonte.

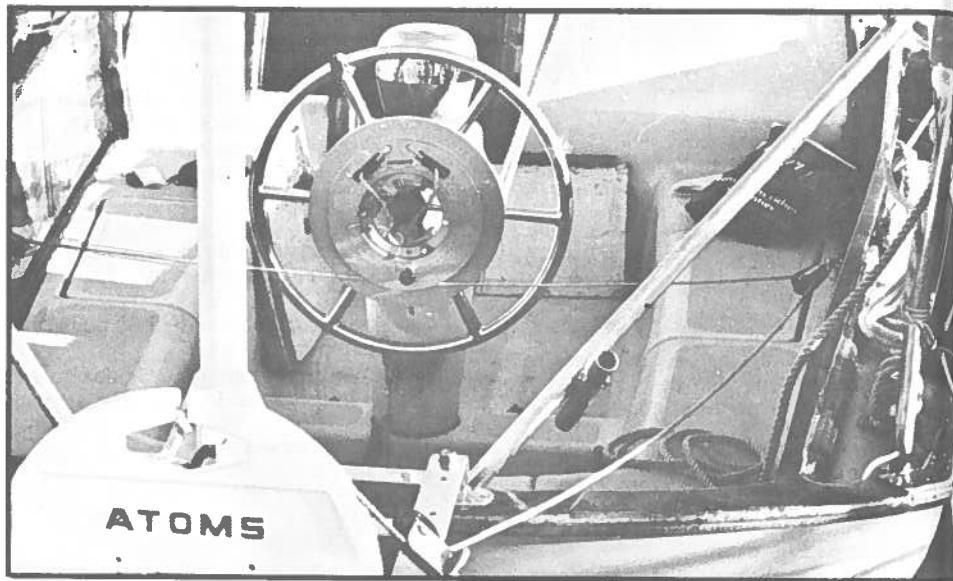
Sa remise en position verticale est assurée par la ligne de relevage 10.

ROTATION DE LA PALE DANS LE PENDULE: L'axe de rotation de la pale concentrique au pendule monté sur roulements à billes à aiguilles inox et cage en Delrin permet de:

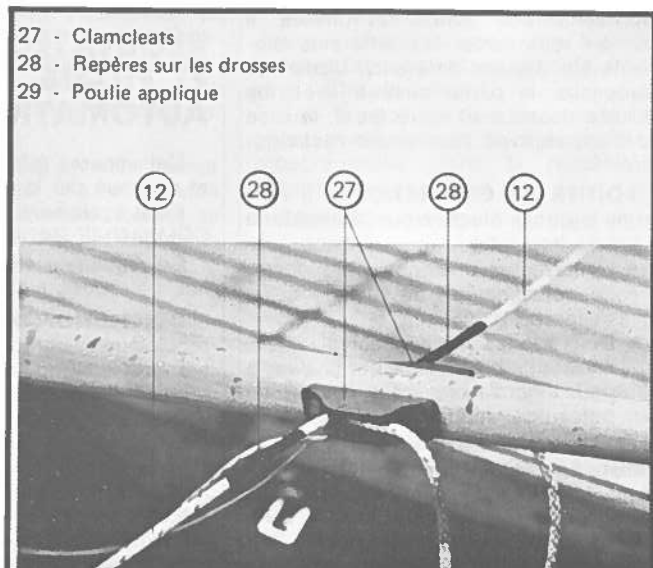
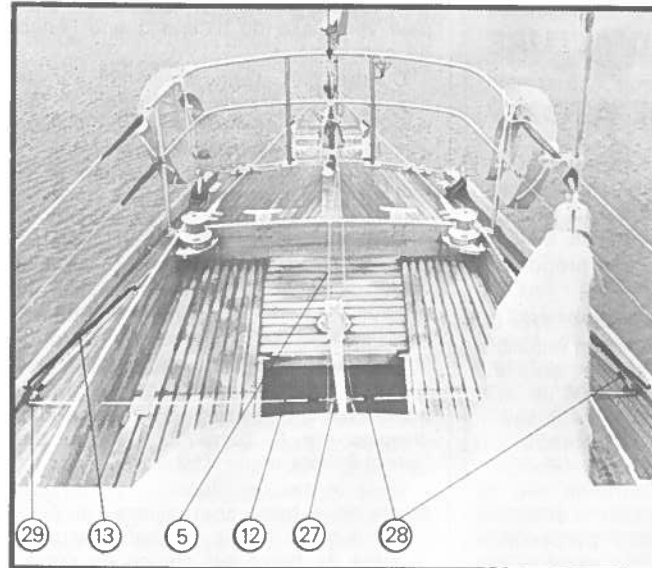
- 1° Réduire le couple de rotation.
- 2° Ces roulements ne sont pas étanches et les cristaux de sels qui s'y forment, s'éliminent par broyage en fonctionnement.

MONTAGE (fig. 4H): Ce régulateur peut être monté sur:

Photo 3 H



Photos 2 H



- 27 - Clamcleats
- 28 - Repères sur les drosses
- 29 - Poulie applique

- Arrière à tableau et gouvernail extérieur;
- Arrière canoë;
- Arrière à voûte;
- Arrière norvégien;
- Arrière à tableau inversé (non représenté); dans ce cas, les jambettes sont inversées.

LIMITE DE TAILLE DE BATEAU:

2 tonnes à 20 tonnes.

Il existe 2 modèles avec différentes options de dimensions de cadre, de colonne et de pendulum (fig. 5H et 6H):

- L'ATOMS standard;
- L'ATOMS gros bateaux pour bateaux au-delà de 11 mètres.

MATÉRIAUX EMPLOYÉS: AG 3, inox, Delrin, Celoron.

ADAPTATION BARRE A ROUE: L'appareil peut être monté sur des barres à roue classiques, à transmission mécanique. Mais en aucun cas, sur des barres à roues hydrauliques.

Le pendule passant de la position verticale à la position inclinée maximum

MODELE STANDARD

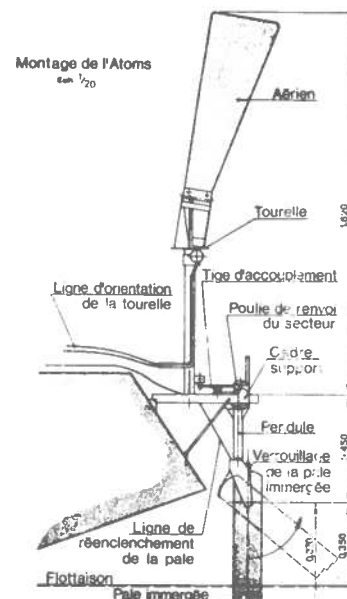


Fig. 1 H

décrit un angle de 50°. Le déplacement de la drosse est dans ce cas de 15 cm pour le modèle « standard » et de 30 cm pour le modèle « gros bateau ».

Ceci provient de la différence de diamètre du secteur d'entraînement (couronne fig. 7H).

Connaissant l'angle de rotation de roue nécessaire, il est facile de déterminer l'appareil adapté.

Un verrou d'enclenchement permet la mise en service ou hors service du régulateur instantanément sans enlever les drosses.

PROCÉDURE DE MISE EN SERVICE:

- 1° Mettre le bateau à l'allure choisie en barrant à la main et régler la voilure.
- 2° Débloquer l'aérien en relevant le loquet (photo 4H) et le régler vertical dans le lit du vent en orientant la tourelle au moyen des 2 lignes de réglage 5.
- 3° Frapper les drosses sur la barre en conservant l'angle de barre nécessaire pour maintenir le bateau en équilibre.
- 4° Laisser l'ensemble se stabiliser et rectifier l'orientation de la tourelle si nécessaire.

RÉGULATEUR D'ALLURE « BABY ATOMS »

Ce modèle ne diffère des 2 autres que par la suppression du secteur d'entraînement circulaire. Ici les drosses sont fixées directement en tête de la partie haute du pendule immergeant nettement au-dessus du bâti support. C'est le modèle économique de la série (fig. 6H).

PILOTE AUTOMATIQUE PARA CI:

Les 3 modèles de régulateur d'allure peuvent fonctionner en pilote automa-

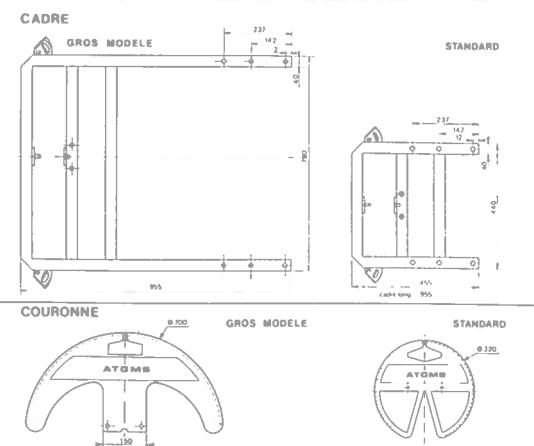


Fig. 3 H

tique par l'adjonction d'un « capteur compas », et d'un servomoteur. Cet ensemble remplace dans ce cas l'aérien qui est débrayé ou démonté (fig. 7H).

CAPTEUR-COMPAS: Ce capteur fonctionne suivant un principe opto-électronique classique, comprenant 2 leds et 2 cellules réceptrices en opposition, avec un écran solidaire de l'équipage magnétique du compas placé entre ces éléments.

Il fonctionnera en tout ou rien avec une zone neutre fixe. Il peut être monté à l'intérieur du bateau.

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES:

Tension d'alimentation: 12 V; consommation moteur plus compas: 70 mA; zone neutre fixe: ± 1,5°C; protection par fusible: 1 A; signalisation de navire au cap par extinction d'un voyant interrupteur 3 positions:

1. arrêt;
2. compas en service;
3. compas et servomoteur en service.

FONCTIONNEMENT: Le compas commande par l'intermédiaire d'un circuit électronique le servomoteur dans l'un ou l'autre sens de marche. Le moteur est accouplé à la tringlerie de l'aérien par une tringlerie additionnelle et commande par leur intermédiaire la rotation de la pale immergée modifiant son angle d'incidence et entraînant le mouvement pendulaire de celle-ci.

PROCÉDURE DE MISE EN SERVICE:

- 1° Amener l'aérien dans l'axe du bateau.
- 2° Accoupler la tige de liaison 3 à l'équerre 4 (fig. 7H).
- 3° Amener le bateau au cap désiré.

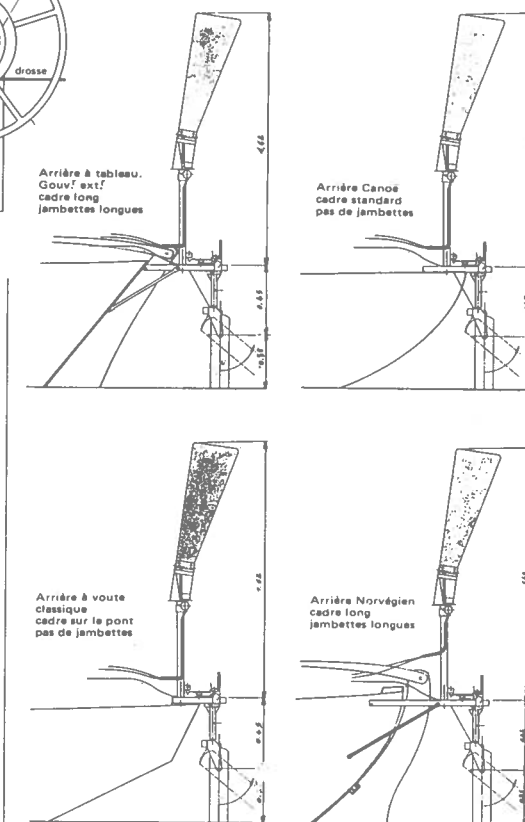


Fig. 4 H

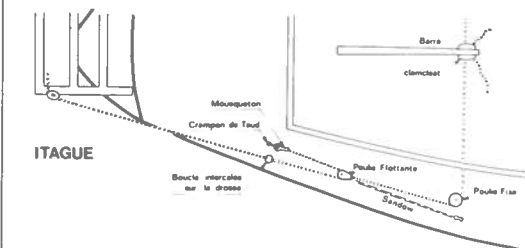


Fig. 2 H

Echelle : 1/20

Pour les variantes prix majoré

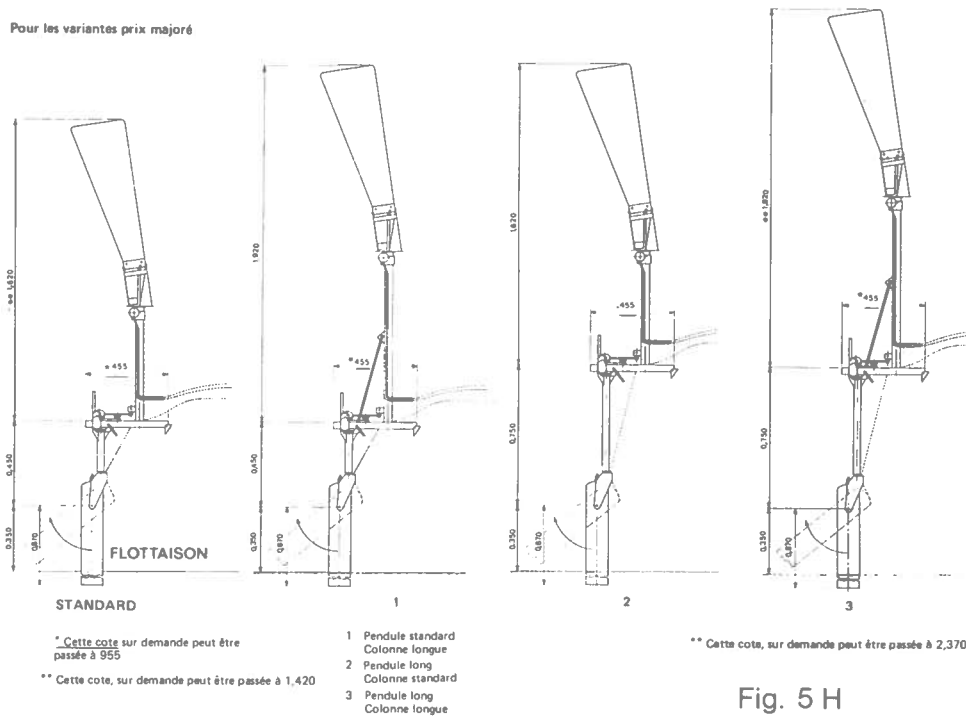


Fig. 5 H

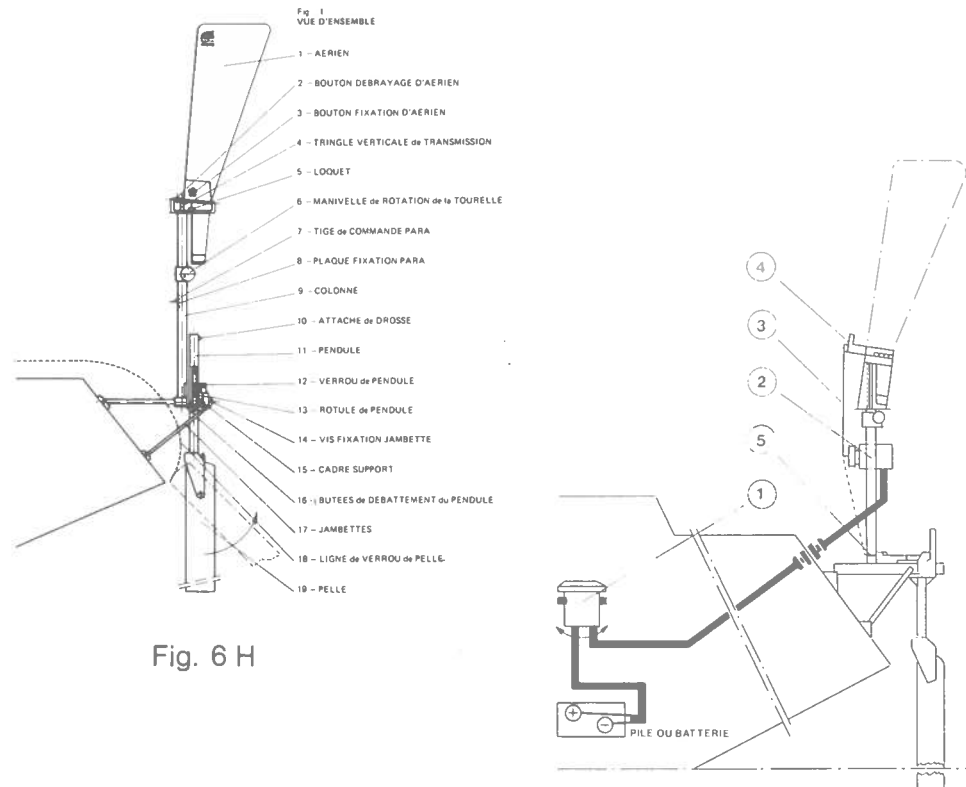


Fig. 6 H

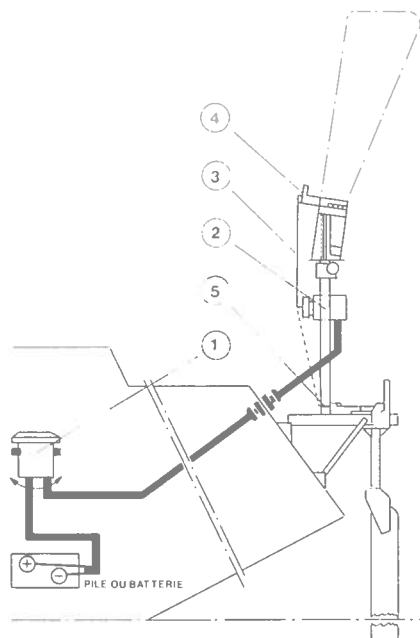


Fig. 7 H

- 4° Mettre l'interrupteur du détecteur sur la position N (compas en service).
- 5° Faire tourner le détecteur magnétique (1) jusqu'à extinction du voyant lumineux. Son cap est alors identique à celui du compas de route.
- 6° Frapper les drosses sur la barre, le pendulum du régulateur étant vertical.

Basculer l'interrupteur du détecteur en position automatique (A), compas et servomoteur en service.

Attendre la stabilisation et rectifier le cap si nécessaire.

PILOTE AUTOMATIQUE PARATOMS CI :

Ce pilote se compose :

- d'un bâti ;
- d'un pendule ;
- d'un capteur magnétique ;
- d'un servomoteur.

Poids 9 kg (photo couleurs).

Il est constitué en fait par la partie basse du régulateur BABY ATOMS. Le mât et l'aérien ont été supprimés.

Le servomoteur d'orientation de la pale a été directement couplé sur l'axe de rotation de la pale.

CAPTEUR-COMPAS : Ce capteur est identique à celui du « PARA CI », et possède donc les mêmes caractéristiques.

FONCTIONNEMENT : Son fonctionnement est le même que le PARA CI sur le BABY ATOMS.

PROCÉDURE DE MISE EN SERVICE : Elle est identique à celle indiquée pour le PARA CI, les opérations 1 et 2 en moins.

*

REGULATEUR D'ALLURE ARIES (photo 1 K)

Ce régulateur d'allure est fabriqué par la Société NICK FRANKLIN en Angleterre et distribué en France par : la Société META à TARARE.

Il est du type proportionnel.

DESCRIPTION DE LA FIGURE 1 K : Ce régulateur comprend un aérien équilibré par un contrepoids. Il est monté sur une tourelle orientable solidaire d'un bâti. L'orientation de cette tourelle se fait par l'intermédiaire de deux leviers à cliquets agissant sur une couronne dentée.

La pale immergée est suspendue à un axe horizontal et comporte en tête de son arbre un secteur denté conique à axe vertical, engrenant sur un autre secteur denté conique à axe horizontal. Ce dernier pignon est commandé par une tringlerie reliée à l'aérien. Le mouvement pendulaire de la pale est transmis à la barre par l'intermédiaire de deux drosses frappées sur le pendule et



Photo 1 K

passant chacune dans les tubes inclinés du châssis et sur deux poulies renvoi d'angle.

Ces drosses sont ensuite dirigées vers la barre par l'intermédiaire d'autres poulies permettant de rectifier leur sens d'action.

Les drosses sont reliées par une chaîne qui vient se fixer sur un crochet solidaire de la barre.

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT (fig. 2K) : Supposons le système en équilibre, l'aérien vertical ainsi que la pale immergée.

Quand l'aérien sort du lit du vent, il bascule dans un sens ou dans l'autre suivant que l'écart de cap soit sur tribord ou bâbord.

Prenons le cas d'un écart sur tribord. L'aérien bascule vers la gauche sur la figure 2, repoussant la tringlerie vers le bas. Le pignon conique à axe horizontal est entraîné dans le sens de rotation vers la gauche. Le secteur denté à axe vertical solidaire de la pale immergée tourne vers la droite, donnant un angle d'incidence à la pale, proportionnel à l'écart de cap. La poussée de l'eau sur la pale immergée déplace celle-ci vers tribord, tirant sur la drosse bâbord et ramenant la barre sur tribord et le bateau vers bâbord.

L'effet de contre-réaction est obtenu par l'intermédiaire de deux pignons. En effet quand la pale immergée bascule dans ce cas vers tribord, le secteur denté solidaire de la pale tourne autour du pignon à axe horizontal maintenu provisoirement en position fixe par l'aérien et la tringlerie, obligeant ainsi ce secteur denté à tourner vers la gauche, diminuant ainsi progressivement l'angle d'incidence de la pale à mesure que la pale se déplace.

L'aérien pivotant sur un axe de rotation incliné d'environ 25° par rapport à l'horizontale, son inclinaison est bien proportionnelle à l'erreur du cap.

L'effort sur la barre est fonction de la vitesse du bateau.

ORIENTATION DE LA TOURELLE :

L'orientation de la tourelle est obtenue par l'intermédiaire de deux « rênes » actionnant chacune un levier à cliquet engrenant sur la couronne horizontale de la tourelle. Chaque coup de cliquet déplace la tourelle de 6°.

Les « rênes » sont ramenées au cockpit ou à la cabine.

RÉGLAGE DE LA QUANTITÉ DE BARRE :

BARRE FRANCHE : Ce réglage peut être obtenu en changeant le point de fixation des drosses sur la barre.

BARRE A ROUE : Sur la barre à roue, le changement de quantité de barre est obtenu en modifiant le diamètre du tambour (fig. 4K) 3 diamètres sont possibles en déplaçant les entretoises servant de tambour.

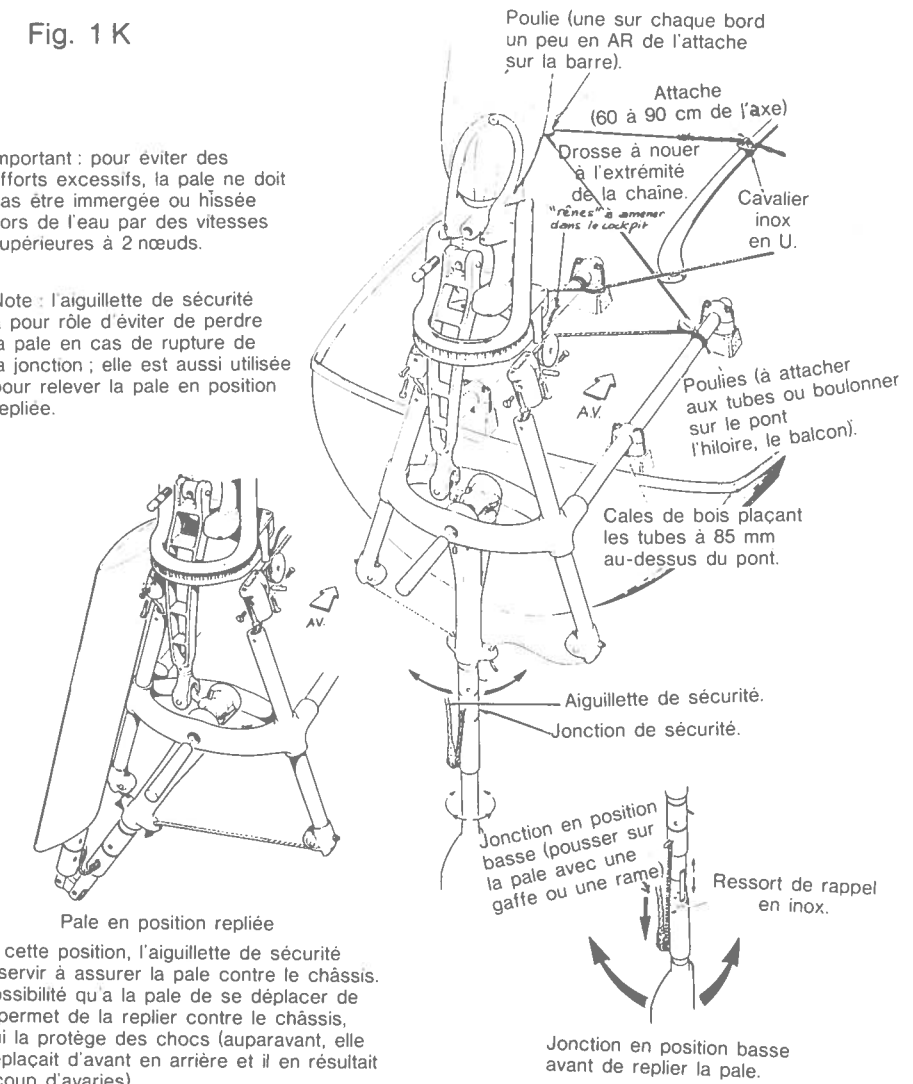
RÉGLAGE DE L'ANGLE DE BARRE PERMANENT POUR COMPENSATION DE LA DÉRIVE :

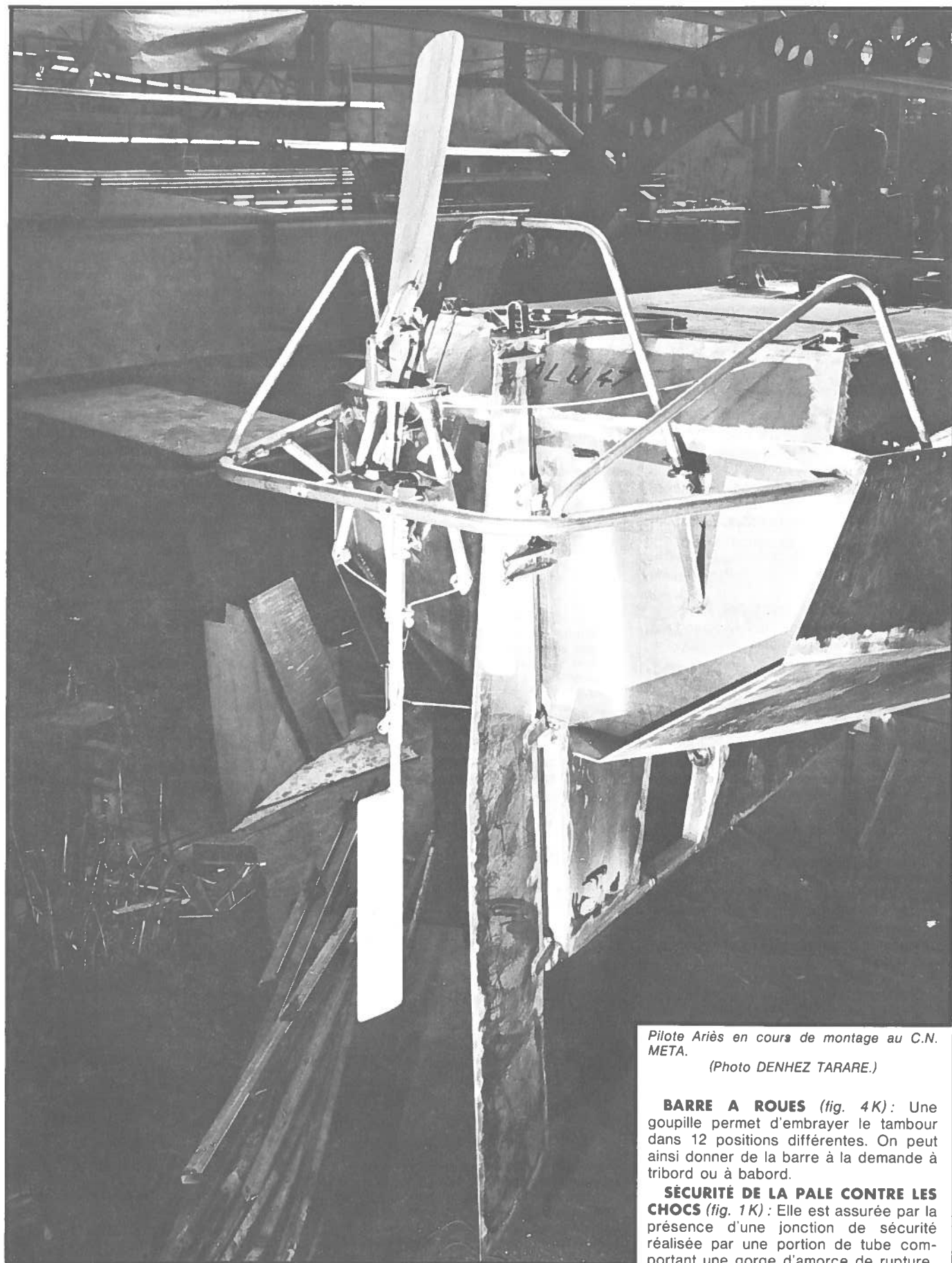
BARRE FRANCHE (fig. 3K) : La chaîne placée entre les drosses permet de régler cet angle maillon par maillon. Ce système permet d'autre part de déconnecter rapidement le régulateur d'allure de la barre.

Fig. 1 K

Important : pour éviter des efforts excessifs, la pale ne doit pas être immergée ou hissée hors de l'eau par des vitesses supérieures à 2 nœuds.

Note : l'aiguillette de sécurité a pour rôle d'éviter de perdre la pale en cas de rupture de la jonction ; elle est aussi utilisée pour relever la pale en position repliée.



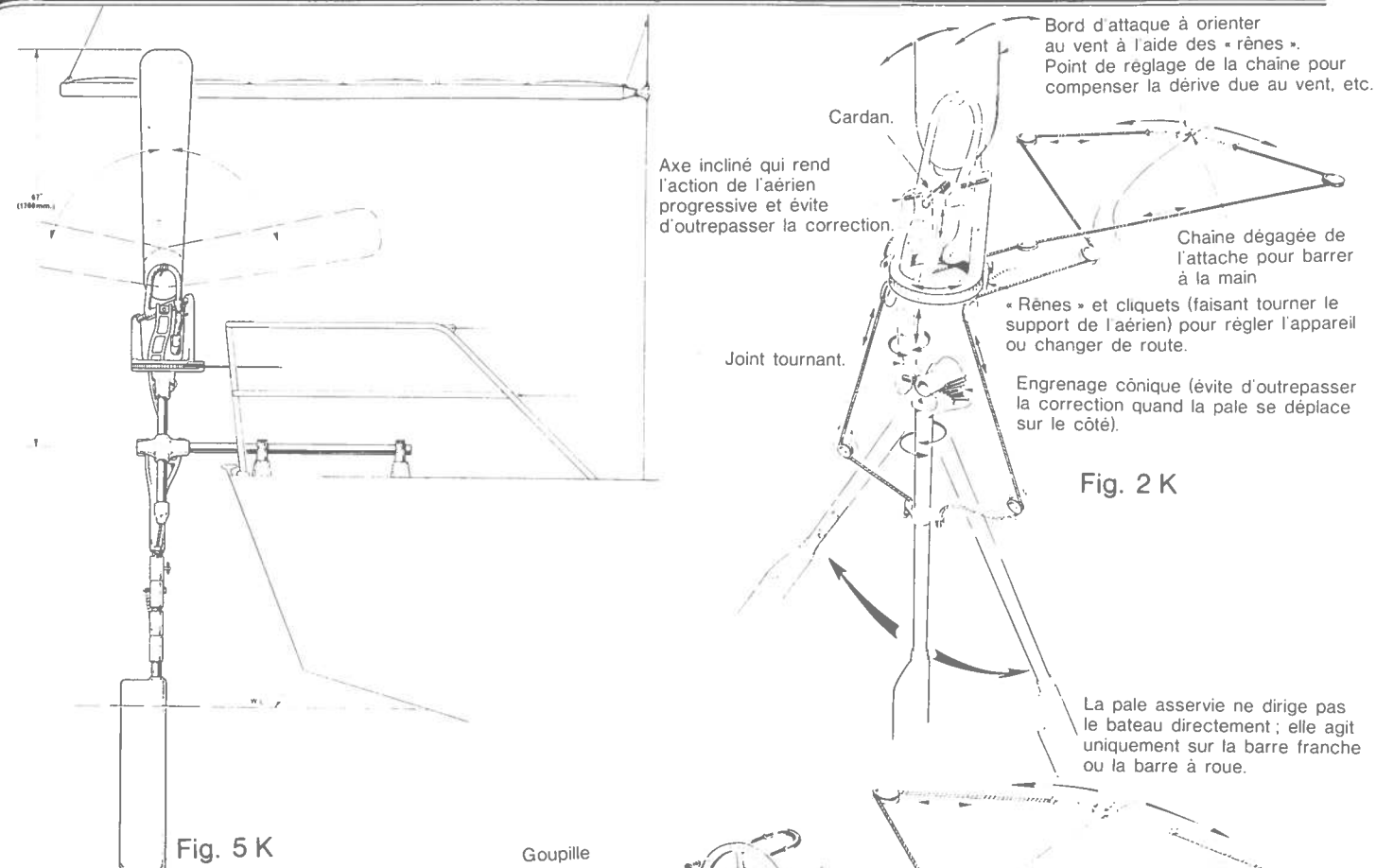


Pilote Ariès en cours de montage au C.N. META.

(Photo DENHEZ TARARE.)

BARRE A ROUES (fig. 4K): Une goupille permet d'embrayer le tambour dans 12 positions différentes. On peut ainsi donner de la barre à la demande à tribord ou à babord.

SÉCURITÉ DE LA PALE CONTRE LES CHOCS (fig. 1K): Elle est assurée par la présence d'une jonction de sécurité réalisée par une portion de tube comportant une gorge d'amorce de rupture.



En cas de chocs violents, c'est cette pièce qui se cisailera. L'aiguillette de sécurité (fig. 1K) permet de récupérer la pale.

Il est possible de replier la pale le long du châssis en abaissant le fourreau de jonction (différent de la jonction de sécurité), on découvre ainsi une biellette pivotant dans deux chapes. C'est le système bien connu d'inclinaison des parasols.

ADAPTATION BARRE A ROUE (fig. 4K): L'appareil peut être monté sur des barres à roues classiques à transmission mécanique. Mais en aucun cas sur des barres hydrauliques à cause du décalage permanent du zéro.

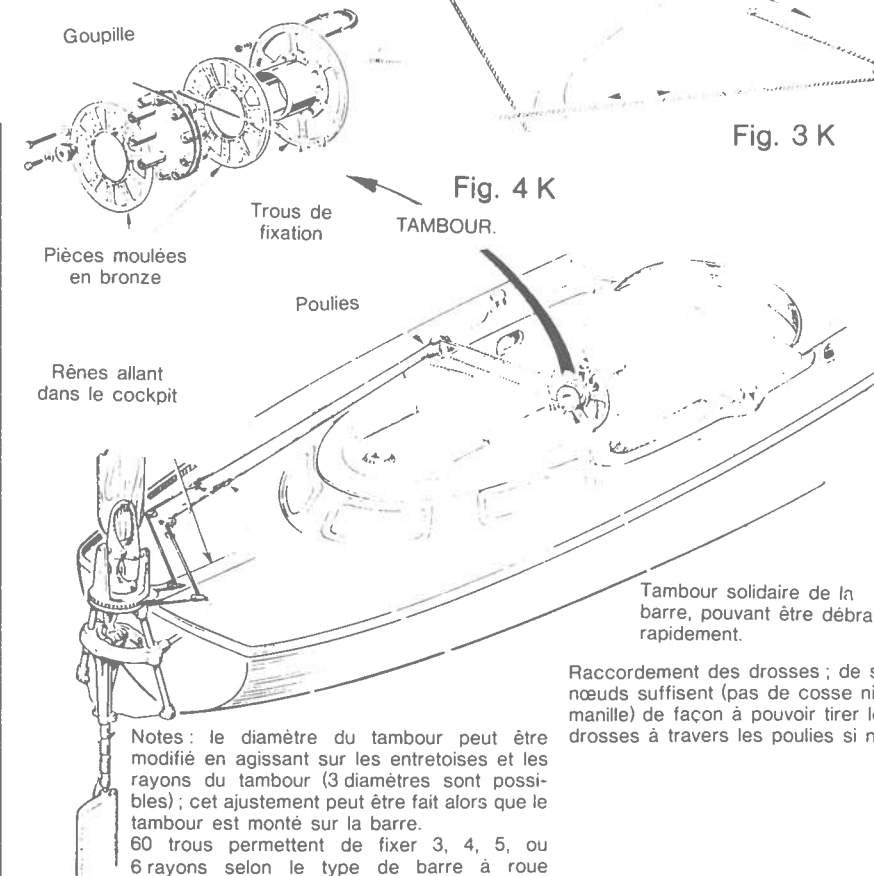
Le principe est décrit à la figure 4K, le tambour d'entraînement est fixé sur la roue par des cavaliers. 60 trous de fixation permettent le montage sur des roues de 3 à 6 rayons.

Comme déjà indiqué, pour le réglage de la « quantité de barre », les entretoises formant tambour peuvent être montées suivant 3 diamètres au choix. Il faut adapter le diamètre aux caractéristiques du bateau, mais la modification rapide en cours de navigation n'est pas possible.

Une goupille d'embrayage permet l'accouplement et le désaccouplement rapide du tambour sur la roue.

MONTAGE A BORD: Ce régulateur peut être fixé :

- sur pont (fig. 5K et 6K);



Goupille

Pièces moulées en bronze

Rènes allant dans le cockpit

Trous de fixation

Fig. 4 K

TAMBOUR.

Poulies

Tambour solidaire de la barre, pouvant être débrayé rapidement.

Notes: le diamètre du tambour peut être modifié en agissant sur les entretoises et les rayons du tambour (3 diamètres sont possibles); cet ajustement peut être fait alors que le tambour est monté sur la barre. 60 trous permettent de fixer 3, 4, 5, ou 6 rayons selon le type de barre à roue (6 cavaliers en U sont fournis) ne pas utiliser de poulies double car une drosse est molle alors que l'autre est sous tension; utiliser soit une poulie à deux réas, soit deux poulies simples.

Raccordement des drosses; de simples nœuds suffisent (pas de cosse ni de manille) de façon à pouvoir tirer les drosses à travers les poulies si nécessaire.

Bord d'attaque à orienter au vent à l'aide des « rènes ». Point de réglage de la chaîne pour compenser la dérive due au vent, etc.

Cardan.

Axe incliné qui rend l'action de l'aérien progressive et évite d'outrepasser la correction.

Chaîne dégagée de l'attache pour barrer à la main

« Rènes » et cliquets (faisant tourner le support de l'aérien) pour régler l'appareil ou changer de route.

Joint tournant.

Engrenage conique (évite d'outrepasser la correction quand la pale se déplace sur le côté).

Fig. 2 K

La pale asservie ne dirige pas le bateau directement; elle agit uniquement sur la barre franche ou la barre à roue.

Fig. 6 K

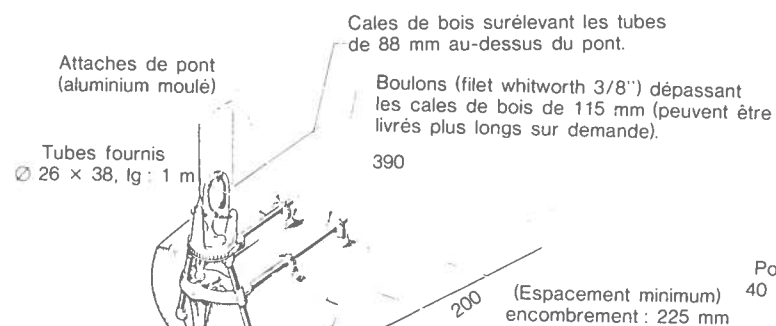
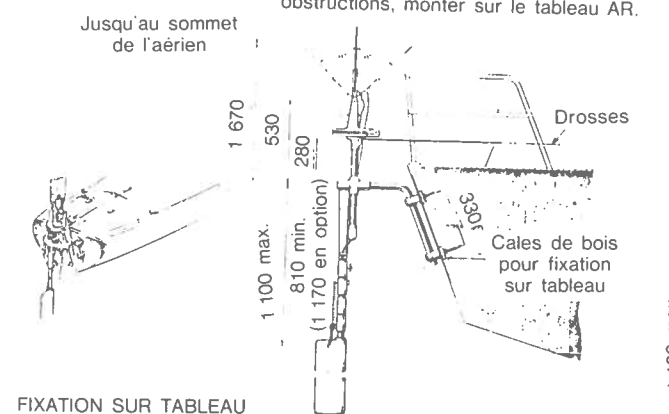


Fig. 7 K



FIXATION SUR TABLEAU

Dans la plupart des installations, la hauteur et la position du balcon AR détermine la distance à laquelle doit être fixé le pilote automatique. La figure montre les cotés à respecter. A la livraison, la portion horizontale des tubes est toujours trop longue: scier à la cote convenable la plus courte après présentation de l'appareil.

Fig. 8 K

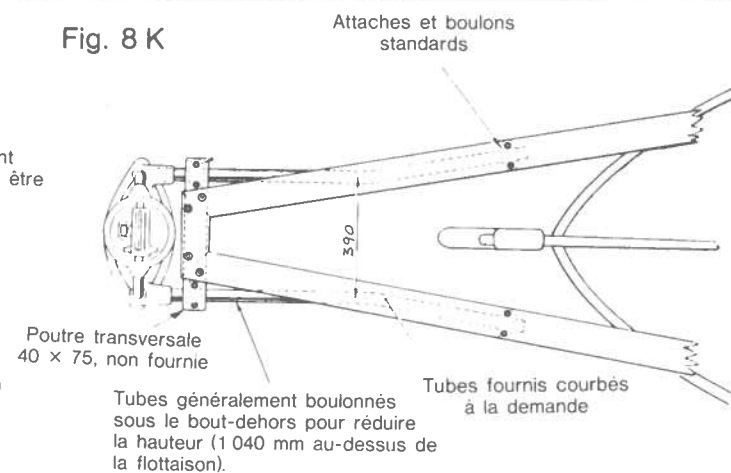
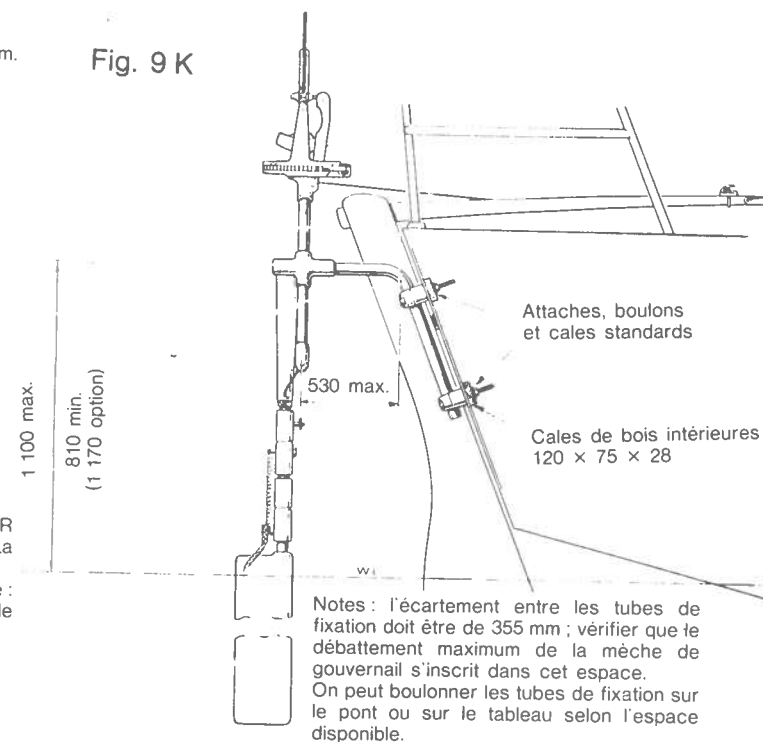


Fig. 9 K



- sur tableau (fig. 7 K et 9 K);
- sur bout dehors (fig. 8 K).

La figure 5 représente le montage sous bôme d'artimon. Dans ce cas, aux allures de près, il est nécessaire d'incliner l'aérien dans le sens du vent de façon à permettre le débattement de la bôme au-dessus.

LIMITE DE TAILLE DE BATEAU: De 8,5 m à 17 mètres.

CARACTÉRISTIQUES CONSTRUCTIVES:

- Aluminium pour pièces moulées AG5 (LMS).
- Tube aluminium HT 30 (26 x 38) anodisé.
- Axes et boulons acier inox Aisi 316.
- Axe de la pale immergée, tube (28 x 38) inox Aisi 316.
- Contrepoids de l'aérien, plomb moulé.
- Engrenages coniques bronze.

- Cales de bois (iroko) pour fixation sur pont.

• Attache sur barre franche par chaîne.

• Pale immergée en fibre de verre bobinée sur un noyau mousse.

• Aérien en contre-plaqué marine de 6 mm, verni.

• L'axe de la pale immergée est monté sur palier téflon.

• Poids de l'ensemble: 34,5 kg.

PROCÉDURE DE MISE EN SERVICE:

• 1° Régler le bateau à l'allure voulue.

• 2° Tirer sur la rêne appropriée pour mettre l'aérien vertical dans le vent.

• 3° Engager la chaîne dans son attache sur la barre franche (ou la goupille dans le tambour de barre à roue).

• 4° Rectifier l'orientation de la tourelle après stabilisation par coups successifs sur les rênes pour affiner le cap.

2F

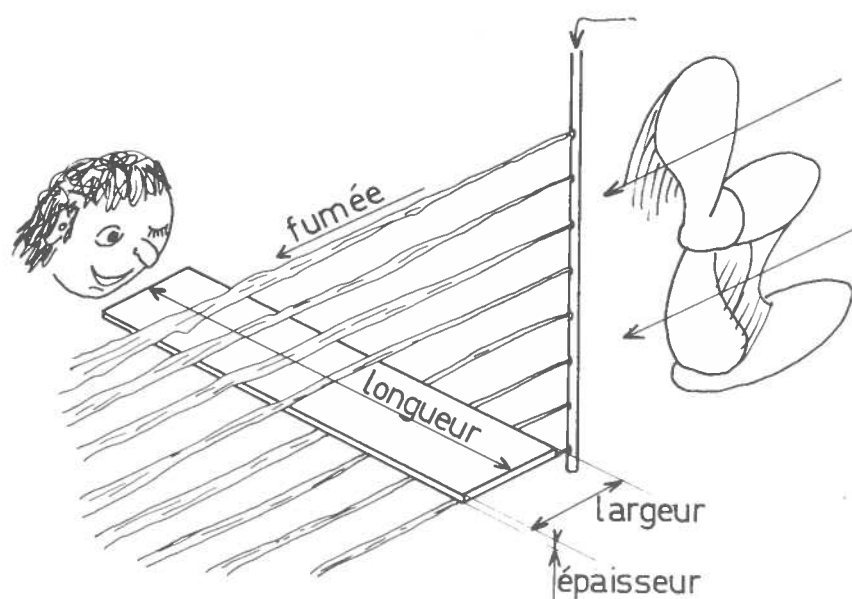
LES PILOTES AUTOMATIQUES POUR BARRES HYDRAULIQUES ET MÉCANIQUES DE GRANDES PUISSANCES

Construction amateur

3^{eme} PARTIE

CONNAISSANCE ET CONSTRUCTION DU PILOTE AUTOMATIQUE

THÉORIE DU PILOTE AUTOMATIQUE



Soufflerie schématisée

FIG. 1

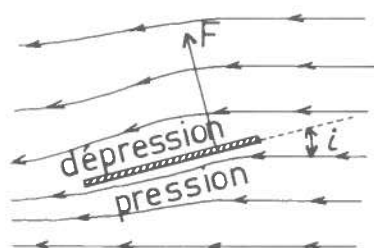


FIG. 2

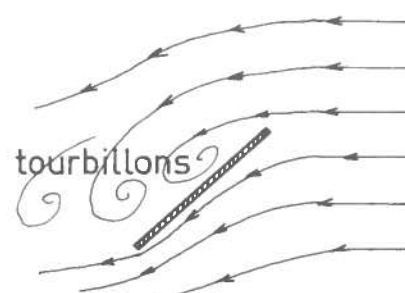


FIG. 3

Les navigateurs qui ont la chance de posséder un PA (Pilote automatique) sont tous émerveillés par le fonctionnement quasi miraculeux de cet appareil. Et le plus extraordinaire est qu'avec quelques planches et du « nez », il est possible de fabriquer un PA qui marche à-peu-près. Mais, soyons sérieux, nous ne sommes plus à l'époque du « nez » et de l'à peu près. Pour fabriquer un PA efficace et solide, il faut beaucoup de talent de bricoleur et un peu de mathématiques. Ce sont les lois physiques qui permettent d'expliquer le fonctionnement des PA, donc de construire de bons appareils, que je vais vous exposer.

LES AILES

La théorie des ailes s'applique à beaucoup de choses sur un bateau : la girouette, le gouvernail, les voiles, la quille fonctionnent exactement comme une aile d'avion. Nous appellerons « aile » tout élément allongé, de faible épaisseur, plongé dans de l'eau ou de l'air en mouvement.

Imaginons l'expérience suivante : plaçons devant un ventilateur des petits tuyaux par lesquels sort de la fumée. Ce dispositif nous permet de visualiser l'écoulement de l'air (fig. 1).

Mettons dans ce courant d'air une plaque plane allongée (que nous appellerons donc une aile) et penchons-la légèrement pour lui donner par rapport au courant d'air un angle d'incidence « i » (fig. 2).

Nous observons que les lignes de fumée (lignes de courant) sont déviées par l'aile. Sous l'aile les lignes de courant se resserrent ce qui signifie que la pression de l'air augmente, alors que sur le dessus de l'aile les lignes de courant s'écartent, ce qui est le signe d'une dépression. La différence de pression entre le dessus et le dessous engendre une force « F » perpendiculaire à l'aile qui tend à la soulever ; c'est un peu comme si on soufflait sous la plaque, et qu'on aspirait au-dessus.

Le point « O » (fig. 4) point d'application de la force « F » est situé au quart avant de l'aile, et non au milieu comme on pourrait le croire.

On peut calculer « F » d'après la formule suivante :

$$F = 1/2 \cdot C \cdot \rho \cdot S \cdot V^2$$

Dans laquelle « F » est en kilogramme force.

« C », le coefficient de portance dépend de la forme de l'aile et de l'angle d'incidence. Au maximum, C = 1 à 1,5.

« ρ » masse volumique du fluide divisée par l'accélération de la pesanteur ($\rho/g = 105$ pour l'eau et $\rho/g = 0,08$ pour l'air).

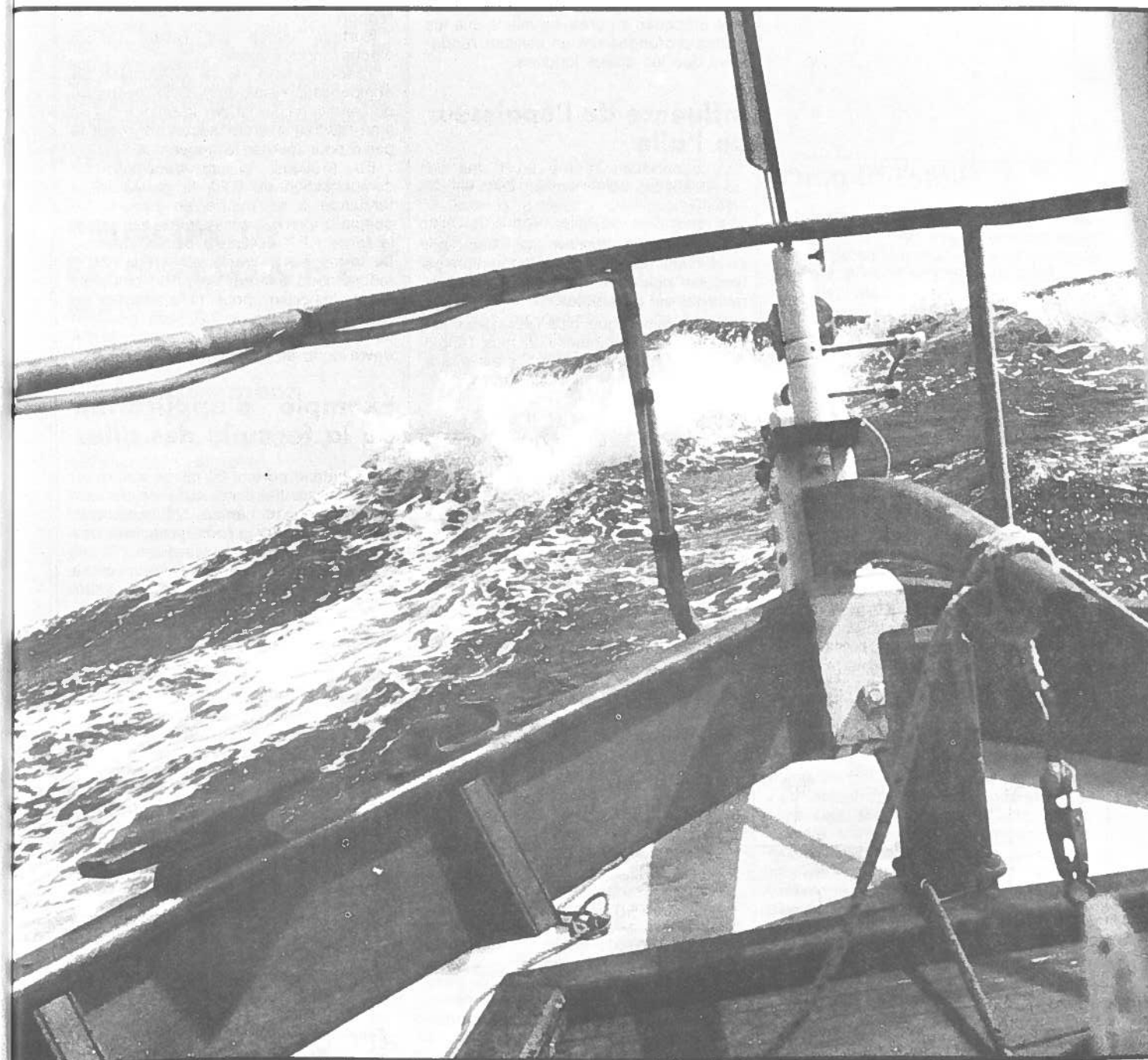
« S » la surface de l'aile en mètres carrés.

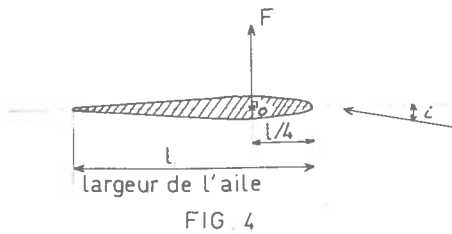
« V » la vitesse du fluide en mètres par seconde au carré. 2 nœuds égalent à peu près 1 m/s.

Influence de l'angle d'incidence

Si nous augmentons l'angle d'incidence de l'aile, le coefficient de portance, donc la force « F » augmentent, ce qui est bien évident.

Mais à partir d'un certain angle, appelé angle de décrochage, l'écoulement de l'air au lieu d'être bien régulier (fig. 2) (écoulement laminaire) devient tourbillonnaire (fig. 3), l'effet de dépression au-dessus de l'aile disparaît, et la force « F » diminue considérablement.





Influence de l'allongement de l'aile

L'allongement d'une aile est le rapport : longueur de l'aile/largeur de l'aile. La figure 5 montre les courbes : coefficient de portance en fonction de l'angle d'incidence, pour des allongements différents.

Il apparaît nettement que plus l'allongement est grand, plus le rendement de l'aile sera élevé. Nous aurons donc toujours intérêt à avoir des safrans de gouvernail profonds et étroits, ainsi que des girouettes hautes et étroites.

Ce phénomène explique pourquoi les grand-voiles à grand allongement sont plus efficaces au près, de même que les quilles profondes ont un meilleur rendement que les quilles longues.

Influence de l'épaisseur de l'aile

L'épaisseur relative de l'aile est le rapport : épaisseur max. de l'aile/largeur de l'aile.

La figure 6 montre les courbes : coefficient de portance en fonction de l'angle d'incidence, pour des épaisseurs relatives e/l différentes.

Nous voyons que plus l'épaisseur est grande (sans dépasser 0,2) plus l'angle de décrochage est grand, c'est-à-dire que la portance maxima que nous pourrions obtenir avec une aile épaisse sera plus grande qu'avec une aile plate.

Notre pilote automatique devra donc si cela est possible avoir un safran épais, mais la girouette qui travaille toujours avec des angles d'incidence faibles n'aura aucun intérêt à être épaisse.

Profil de l'aile

Il est bien évident que l'épaisseur de l'aile ne doit pas être la même sur toute la largeur. Le profil est la répartition de

l'épaisseur sur la largeur de l'aile. La figure 7 est un exemple de très bon profil et la figure 8 montre un profil beaucoup plus simple à réaliser et néanmoins très correct au point de vue hydrodynamique, mais qui devra être un peu moins épais que le précédent.

Ne pas profiler un gouvernail donnerait des résultats catastrophiques.

Compensation du gouvernail

La mèche du gouvernail n'est pas forcément sur le bord d'attaque (bord avant) du safran, elle peut être reculée (fig. 9).

Le coefficient de compensation est le rapport :

Surface située sur l'avant de la mèche/surface totale.

Théoriquement, si le coefficient de compensation était de 0,25, la mèche du gouvernail passerait par le point « O » et il ne faudrait exercer aucun effort sur la barre pour tourner le gouvernail.

En pratique, si on dépasse une compensation de 0,20, le gouvernail a tendance à se mettre en travers. Le couple à exercer sur la barre est égal à la force « F » multipliée par la distance de la mèche au point « O » (fig. 10); il faudra donc exercer un effort cinq fois moins important pour faire tourner un safran compensé à 0,20 que pour un safran non compensé. Le safran du PA devra donc être compensé à 0,20.

Exemple d'application de la formule des ailes

Un bateau portant 50 m² de voilure au grand largue file 8 nœuds avec un vent apparent de 16 nœuds. Nous pouvons aisément calculer la force propulsive des voiles ainsi que leur puissance.

Si nous admettons que toute la voilure porte avec son maximum d'efficacité, « C » sera proche de un.

$$S = 50 \text{ m}^2; V = 16 \text{ n.} = 8 \text{ m/s}$$

$$V^2 = 64; Ro/g = 0,08$$

Nous obtenons par la formule une force propulsive de : 128 kg.

La puissance du bateau est égale à la force multipliée par sa vitesse $v = 8 \text{ n} = 4 \text{ m/s}$, et multiplié par $g = 9,81$.

La puissance est donc de $P = 5023 \text{ watts} = 6,8 \text{ chevaux}$. Ce qui correspond à peu près à la puissance fournie au bateau par un moteur d'une douzaine de chevaux.

Conclusion

Un gouvernail de faible épaisseur, de faible allongement, non profilé et non compensé, a une efficacité plus de dix fois moins grande que celle d'un gouvernail construit d'après les indications ci-dessus. On comprendra ainsi l'intérêt qu'il y a à connaître ces lois pour la conception d'un pilote automatique.

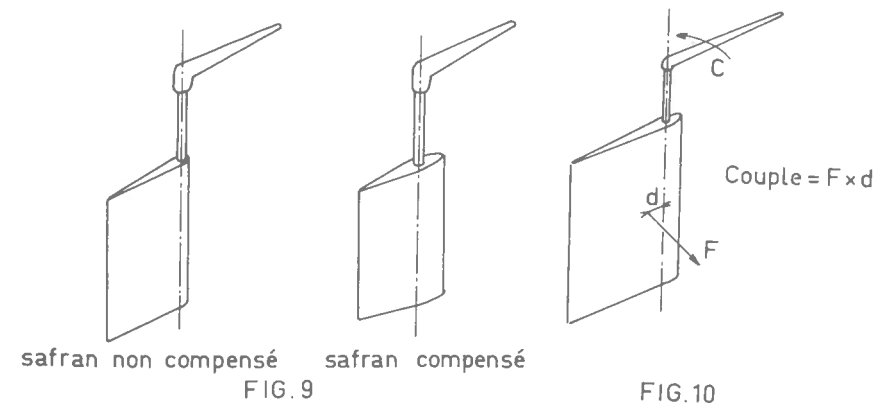
PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

L'asservissement

Asservir = réduire à une dépendance extrême (Petit Larousse).

Lorsque vous barrez votre bateau, vous êtes le maître, il est l'esclave (certains marins chevronnés vont émettre des doutes sur cette affirmation); vous asservissez le cap de votre bateau à votre volonté.

Si vous installez un PA (Pilote automatique), c'est à priori pour vous remplacer à la barre, donc pour asservir le cap de votre bateau à quelque chose qui n'est pas votre volonté. On peut remplacer cette volonté par beaucoup de choses : par un compas gyroscopique, nous aurons un asservissement par rapport à une direction absolue (navires et avions de commerce); ou bien par un compas magnétique, nous aurons alors un asservissement par rapport au Nord magnétique (petits bateaux à moteur, et maintenant voiliers); il existe même des asservissements sur radar anticollision, qui permettent de dévier le bateau en cas de risque de collision (ce n'est pas encore très au point, et ça coûte très cher); et enfin il est possible d'asservir le cap du bateau à la direction du vent, c'est ce PA là qui nous intéresse. Nous avons donc défini notre PA comme un appareil asservissant le cap du bateau à la direction du vent. Cette petite défini-



tion est d'une grande importance, car elle va nous permettre de considérer le PA comme n'importe quel asservissement, et d'affirmer crânement qu'un PA et un électrophone, c'est « blanc bonnet et bonnet blanc ».

Tout marin et tout asservissement qui se respecte comporte au moins trois éléments : un cerveau qui donne des ordres, un nerf qui les transmet, et un muscle qui les exécute. Dans notre PA le cerveau, c'est la girouette. Vous donnez à la girouette une direction de base, par exemple à 90° de l'axe du bateau. Si le bateau reste vent de travers, aucune réaction - si il loffe un peu, la girouette tourne par rapport à sa direction de base, et donne l'ordre suivant : « Attention, le bateau a changé de cap - STOP - Veuillez faire abattre pour retrouver le cap d'origine - STOP - Exécution ». Cet ordre est transmis par un nerf, qui en l'occurrence est un système de bielles, de tringles d'engrenages ou de câbles, à l'organe d'exécution, le gouvernail.

La contre-réaction

Compliquons un peu notre asservissement. Je suis devant ma machine à écrire, je ferme les yeux et décide de taper un « Y » j'avance un doigt, tape, rouvre les yeux, c'est un « U » que j'ai tapé; j'ai raté mon asservissement cerveau-doigt, simplement parce que je n'ai pas regardé la trajectoire de mon doigt. Il aurait fallu que je contrôle l'exécution de l'ordre au fur et à mesure de son déroulement. Sur un PA, c'est exactement la même chose, il faut un mécanisme qui compare à chaque instant l'angle de barre à celui de la girouette. J'appellerai ce mécanisme une « contre-réaction ». Cette contre-réaction ne sera nécessaire que sur les PA complexes.

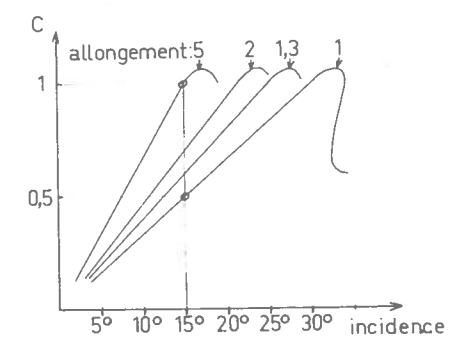
L'amplificateur

Continuons à perfectionner notre asservissement. Je donne à mon doigt l'ordre de soulever un objet. Si cet objet est une gomme, pas de problème, mais si c'est ma voiture, je serai obligé d'employer une grue. Mon doigt soulèvera une manette, et la grue grâce à son moteur électrique soulèvera ma voiture. J'ai ainsi réalisé un amplificateur qui reçoit un « signal d'entrée » : la pression de mon doigt sur la manette, possède une source extérieure d'énergie : le moteur de la grue, et produit un « signal de sortie » : l'altitude de ma voiture. Cet ampli aura également une autre caractéristique : la puissance maximum à la sortie; c'est le poids maximum que peut soulever la grue. Nous appellerons « gain » de l'amplificateur, le rapport signal de sortie - signal d'entrée.

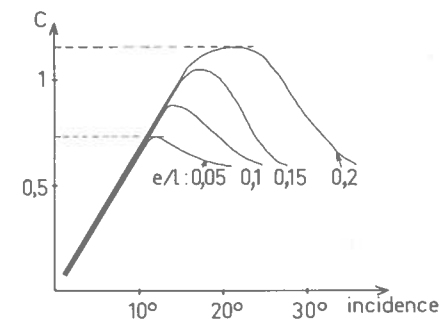
Ainsi, pour le PA, si nous jugeons que la girouette à elle seule n'est pas capable d'actionner le gouvernail, nous devons lui adjoindre un amplificateur. Dans cet amplificateur, le signal d'entrée c'est la rotation de la girouette, le signal de sortie c'est la rotation du gouvernail, et la source extérieure d'énergie, la seule dont on dispose abondamment sur un bateau, c'est l'énergie cinétique même du bateau (sa vitesse dans l'eau). Pour puiser cette énergie, nous emploierons une aile immergée. Cette aile a comme toutes les ailes un angle de décrochage hydrodynamique, donc pour une vitesse du bateau donnée une puissance maximum impossible à dépasser, qui sera la puissance maximum de sortie de l'amplificateur.

Les girouettes

Le rôle de la girouette est de déceler une rotation du vent par rapport au bateau.



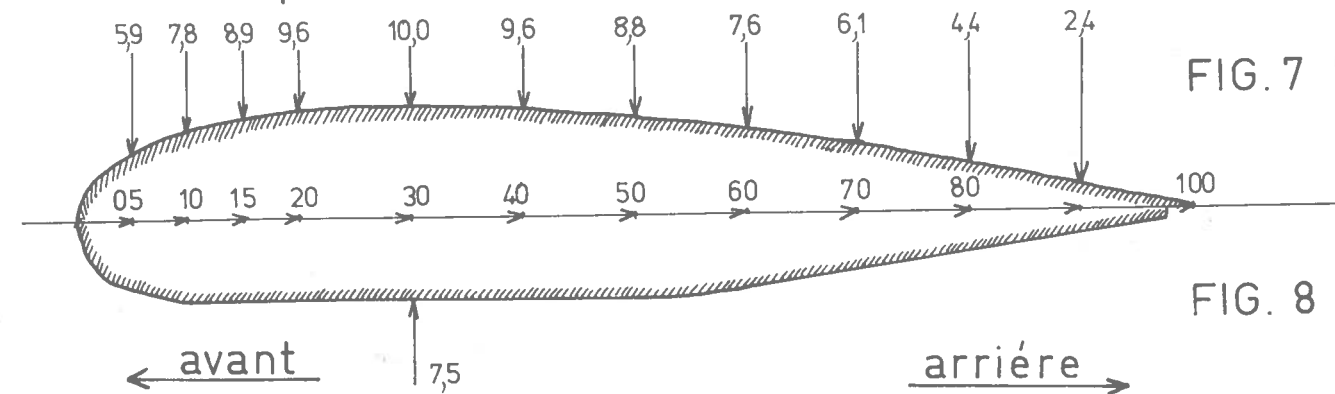
Pour une incidence de 15°, la force sur une aile longue et étroite (5) est double de la force sur une aile carrée (1) de même surface.



La force maxima sur une aile épaisse (0,2) est 50% plus élevée que sur une aile plate (0,05).

Profil : NACA 0020

demi épaisseur



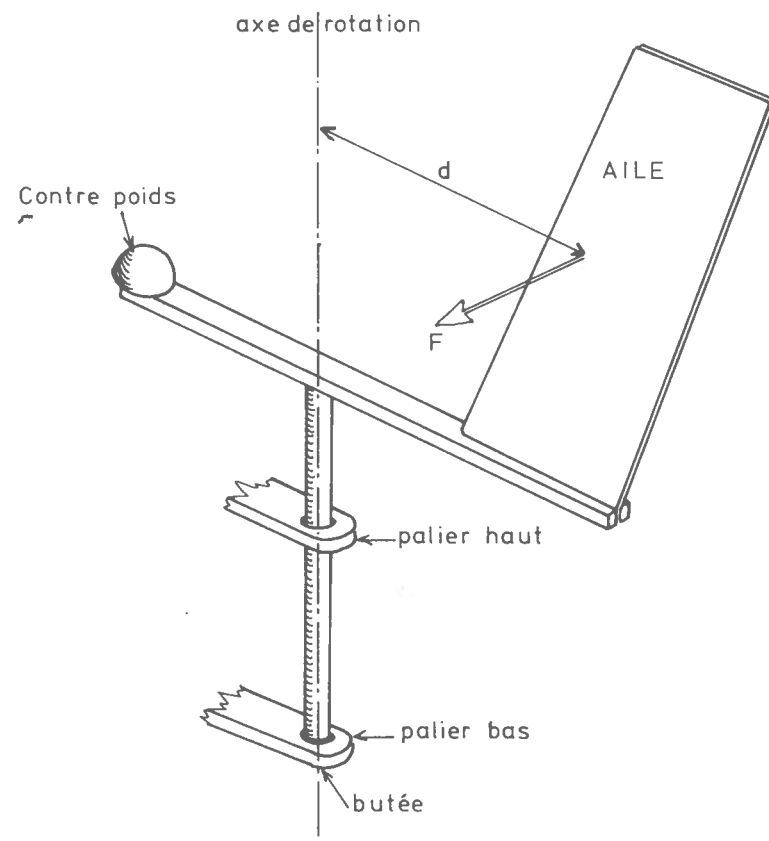


Fig. 11. - Girouette à axe vertical.

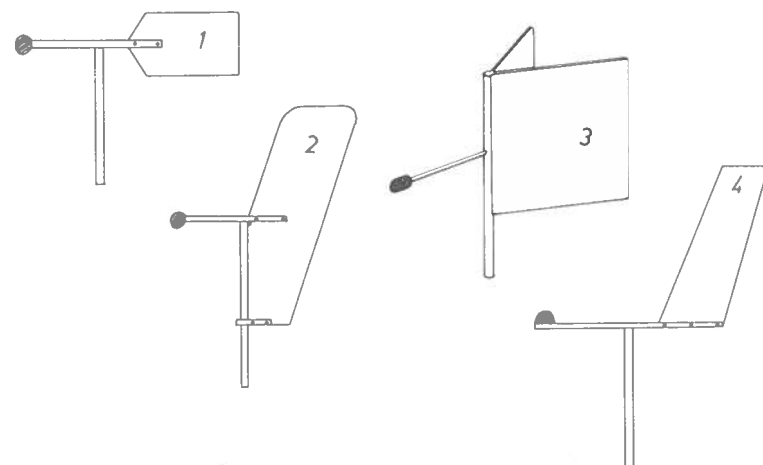


Fig. 12. - Girouettes classiques 1, 2, 3, 4.

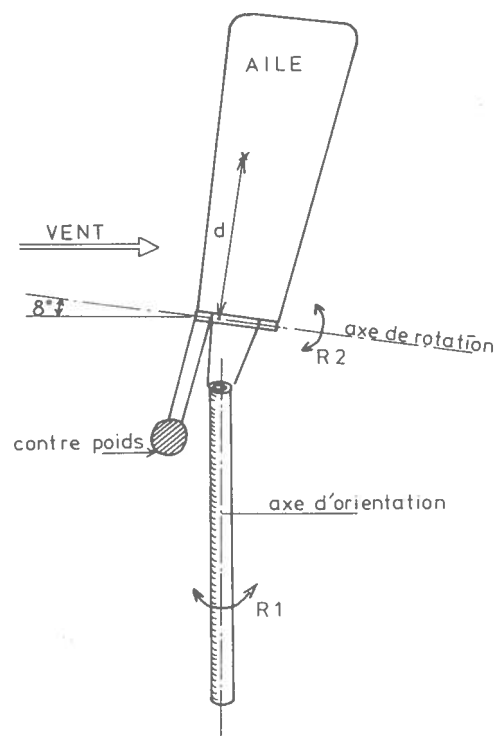


Fig. 13. - Girouette à axe presque horizontal.

Une bonne girouette doit avant tout être sensible pour déceler le moindre changement de cap. Elle doit également être puissante pour éviter du travail à l'amplificateur, ou tout simplement pour éviter d'avoir à en mettre un. Et enfin, elle doit être fidèle, c'est-à-dire que l'ordre transmis à l'amplificateur doit être proportionnel à l'erreur de cap du bateau.

Girouette à axe vertical (fig. 11)

Pour que la girouette soit sensible, il faut diminuer au maximum les frottements, et pour cela suivre les règles suivantes :

- L'ensemble mobile de la girouette doit être très léger.
- Les paliers doivent être bien écartés l'un de l'autre.
- Ces paliers doivent être usinés dans un matériau à faible coefficient de frottement (nylon, céleron, etc.).
- La butée sur laquelle repose toute la partie mobile de la girouette, doit être une bille, ou une pointe dure.

Pour que la girouette soit puissante, il faut que la pale soit une aile à bon rendement, c'est-à-dire haute et étroite ; et que la distance du point d'application de la force de vent (F) à l'axe soit la plus grande possible. Nous appellerons cette distance « d » et « S » la surface de la pale ; plus le produit $S \times d$ est grand, plus la girouette est puissante.

Enfin, pour que la girouette soit fidèle, il faut, entre autre, que son mouvement soit indépendant de la gîte du bateau. Ceci est obtenu en plaçant un contre-poids qui ramène le centre de gravité de l'ensemble mobile exactement sur l'axe.

La figure 12 montre quatre girouettes classiques très répandues.

• N° 1 - Utilisée par exemple par M. B. Moitessier, cette girouette a un allongement inférieur à 1 (largeur supérieure à la hauteur), donc un rendement très mauvais.

• N° 2 - Sur cette girouette la distance « d » (distance du point d'application de la force, à l'axe de la girouette) est petite, car ne l'oublions pas, le point d'application de la force est au quart avant de l'aile, et non au milieu. La puissance de cette girouette est donc faible.

• N° 3 - Cette girouette, la pire de toutes, est assez commune sur les constructions amateurs. Ses deux ailes divergentes provoquent un décrochage des filets d'air, ce qui lui donne un rendement très médiocre. Elle a en plus un poids double de celui d'une girouette à une seule aile, donc une sensibilité bien moindre.

• N° 4 - C'est une bonne girouette à tout point de vue.

Girouette à axe presque horizontal (fig. 13)

Cette girouette inventée par M. Gianoli, est tellement merveilleuse, qu'on ne trouve pratiquement plus de girouettes classiques sur le marché des PA.

Un axe vertical permet d'orienter la tête de la girouette dans le sens du vent, il est ensuite bloqué pendant le fonctionnement. La pale tourne, sous l'effet du vent, autour d'un autre axe, qui est penché ; presque jusqu'à l'horizontale.

Faisons l'expérience suivante : prenons une carte à jouer et tenons-la à bout de bras comme sur la figure 14 nous ne voyons que la tranche de cette carte. Si nous tournons légèrement le poignet (rotation R1), nous apercevons alors les trois piques. Imaginez que votre regard, c'est le vent, il fait basculer la carte autour de son axe libre, faisons donc tourner la carte entre nos doigts (rotation R2) jusqu'à ce qu'on ne voit plus que la tranche, c'est-à-dire que le vent n'ait plus d'effet. On se rend compte alors que si la rotation R1 était petite (erreur de cap du bateau), la rotation R2 elle est grande (rotation de la pale de girouette). Avec un axe penché à huit degrés, R2 est dix fois plus grande que R1, donc puissance et sensibilité sont multipliées par dix. (Je vous fais grâce de la démonstration mathématique qui n'est pas simple).

Si l'axe était parfaitement horizontal R2, serait toujours de 90°, donc indépendante de R1, la girouette ne serait plus fidèle.

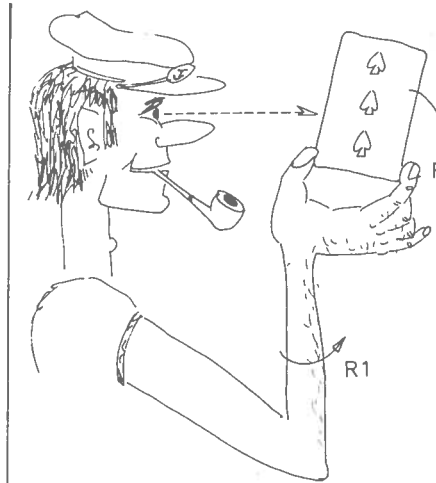


Fig. 14

(Le système de transmission girouette-gouvernail qui est complexe, sera expliqué en détail dans le chapitre sur la réalisation de girouettes.)

LES DIFFÉRENTS TYPES DE PILOTES AUTOMATIQUES

Le pilote automatique sans amplificateur

Un jour, un peintre de marines, grand navigateur à la voile, M. Marin Marie eut l'idée folle de traverser l'Atlantique en solitaire sur un canot à moteur. Un voilier bien dessiné, on peut toujours le faire marcher quelques heures barre amarrée, pour aller dormir, mais c'est impossible pour un bateau à moteur qui tournerait en rond. C'est ainsi que Marin Marie fut amené à inventer le pilote automatique basé sur la direction du vent. Il est cocasse de penser que la première de ces girouettes qui ornent aujourd'hui de nombreux voiliers, fut installée sur un bateau à moteur. Marin Marie réalisa sa traversée, c'est un exploit extraordinaire qui ne fut jamais réitéré, et il nous légua cet engin qui allait révolutionner la navigation en solitaire. C'est le PA le plus simple, le PA sans ampli qu'il utilisa, le plus simple mais pas le moins efficace, puisque le grand Tabarly lui-même en 1964 pour sa première Transat, utilisa un PA sans ampli basé sur le même principe (seule la girouette était différente).

La figure 15 montre comment est monté ce PA, et la figure 16 les séquences de fonctionnement.

La girouette peut être l'un des deux types vus précédemment et elle peut actionner soit le gouvernail même du bateau, soit un autre gouvernail plus petit, construit spécialement pour le PA. Ce qui, fait quatre montages différents.

Figure 17, bateau n° 1. Girouette classique actionnant le gouvernail du bateau. C'est le PA utilisé par Sir Francis Chichester lors de ses deux premières Transat. Il faut une telle force pour actionner la barre, que la girouette doit être énorme, sur le Gypsy Moth, c'était un véritable tape-cul articulé qui servait de girouette. Ce système présentant à peu près tous les défauts possibles, a été définitivement abandonné.

Figure 17, bateau n° 2. Girouette à axe horizontal actionnant le gouvernail du bateau par l'intermédiaire de câbles. Ce PA qui nous vient d'outre-Manche a eu son heure de gloire dans les années soixante. Il a une girouette de taille imposante, et un bon fonctionnement sur certains bateaux à grande stabilité de route, et à certaines allures. Sur les bateaux modernes, son fonctionnement est des plus approximatifs. Son principal avantage est qu'il est possible de le monter en moins d'une heure sur n'importe quel bateau.

Figure 17, bateau n° 3 et figure 15. La girouette actionne un gouvernail séparé du gouvernail propre du bateau. La girouette est de taille moyenne, et ce PA fonctionne fort bien s'il est bien construit.

Il y a là un mystère qu'il faut éclaircir, pourquoi une girouette actionnant le gouvernail du bateau ne donne pratiquement pas de résultats, alors que si elle agit sur un autre gouvernail, cela marche fort bien ?

Plusieurs raisons à cela :

• Il est rare que les gouvernails de bateau aient un bon rendement, les architectes jusqu'à ces dernières années, se souciaient peu de cette question. Un gouvernail supplémentaire pourra être étudié pour avoir le meilleur rendement possible.

• Le gouvernail supplémentaire sera situé plus loin de l'axe de giration du bateau, il sera donc plus efficace que le gouvernail principal.

• Si c'est un gouvernail supplémentaire qui pilote le bateau, le gouvernail principal pourra être bloqué, ce qui allonge la surface de dérive, et donne au bateau une meilleure stabilité de route.

• Dernière raison, qui à mon avis est la plus importante : le gouvernail principal pourra être bloqué dans une position telle qu'il équilibre parfaitement le bateau. Ainsi le PA n'aura plus à lutter contre une tendance naturelle du bateau à être ardent ou mou.

Figure 17, bateau n° 4. Un problème particulier se pose pour les bateaux à safran extérieur. Le gouvernail du PA devra être accroché sur le bord de fuite du safran du bateau. Pour éviter les réactions du gouvernail, la barre devra être très solidement et rigide ment maintenue par un système amovible permettant un réglage fin et continu de l'angle de barre. Un gros ridoir accroché entre la barre et un banc de cockpit est une bonne solution.

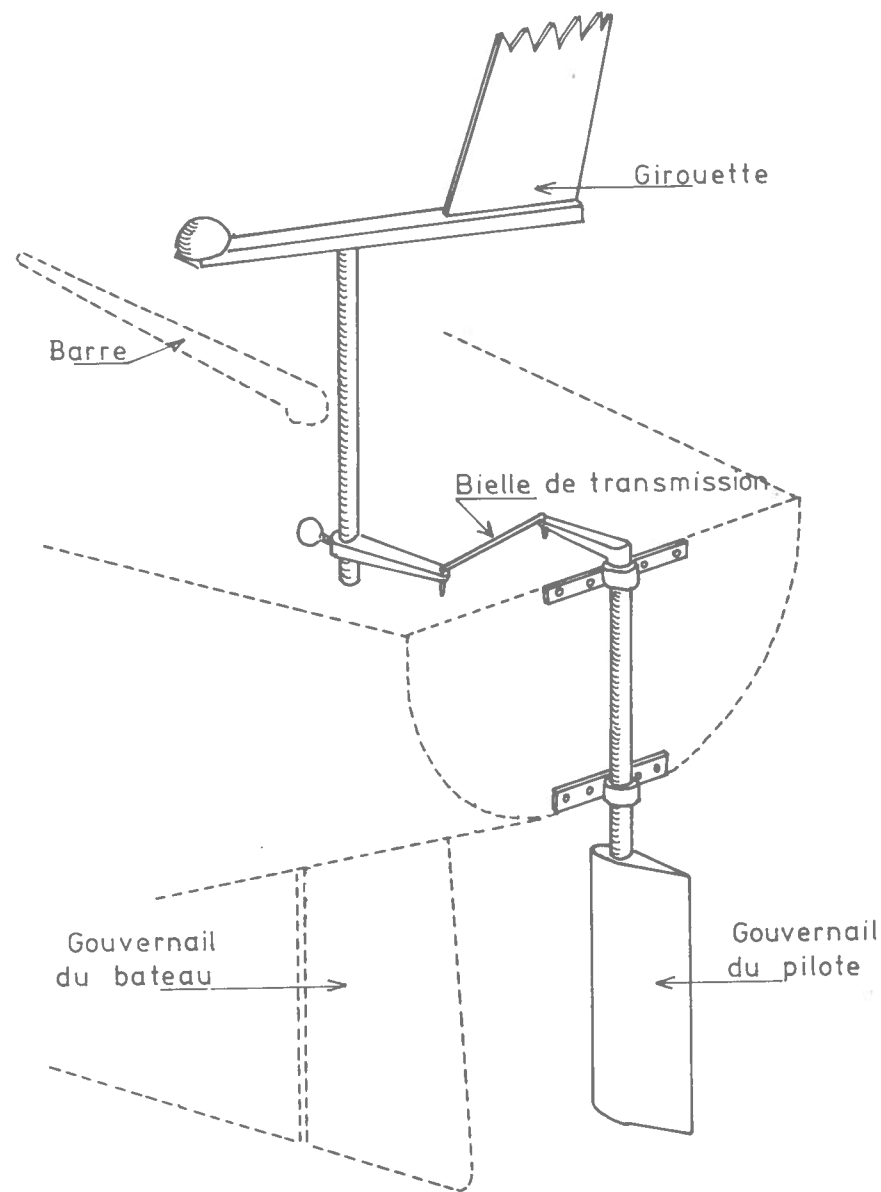


Fig. 15. - Pilote sans amplificateur.

L'amplificateur safran-fletner

Lorsqu'un bateau vire, il tourne autour d'un axe fictif, l'axe de giration, qui se situe grosso modo au centre du bateau. Pour faire virer le bateau, il faut lui appliquer un couple important, c'est le gouvernail qui produira ce couple. Et pour faire tourner le gouvernail, il faut lui appliquer un couple assez faible dans l'autre sens. En résumé nous avons une aile immergée (le gouvernail) pouvant tourner autour de deux axes de rotation (la mèche du gouvernail, et l'axe de giration du bateau); si nous appliquons par rapport au premier axe un couple faible dans un sens (on tourne la barre à droite) nous recevrons un couple fort

dans l'autre sens (le bateau tourne à gauche).

Voici décrit le principe de fonctionnement de tous les amplificateurs hydrodynamiques.

L'amplificateur safran-fletner est l'application la plus simple de ce principe; pour faire tourner le bateau, nous lui avons mis un gouvernail, eh bien pour faire tourner le gouvernail, nous allons mettre un gouvernail au gouvernail. Nous appellerons ce gouvernail supplémentaire le « fletner » (fig. 18).

Voir chapitre : Ampli safran-fletner. Nous avons vu avec le PA sans ampli qu'il doit y avoir une inversion du sens de rotation entre la girouette et le gouvernail. Ici nous avons une inversion au niveau de l'ampli, donc fletner et girouette doivent tourner dans le même

sens. Si nous avons une girouette à axe vertical, le fletner étant toujours à axe vertical, il est très tentant de monter fletner et girouette sur le même axe (fig. 20). Ce montage rendu célèbre par Bernard Moitessier à l'avantage d'être merveilleusement simple, donc solide, mais il a un grave inconvénient, il lui manque la contre-réaction, ce qui se traduit en pratique par une tendance très prononcée du bateau à faire des « S » importants.

Voir chapitre : Contre-réaction.

Cette contre-réaction, c'est par la liaison girouette-fletner que nous allons l'obtenir.

Comme pour le PA sans ampli, il y a plusieurs montages possibles.

• Figure 21, bateau 1. Bateau à voûte. Le fletner est monté sur le gouvernail du bateau, la transmission passe par la mèche du gouvernail. A moins de fabriquer le bateau et le gouvernail spécialement pour ce montage (comme sur le premier Damien), il est très difficile à réaliser.

• Figure 18. Le fletner est monté sur un gouvernail supplémentaire accroché au tableau. C'est certainement le montage le plus efficace.

• Figure 21, bateau 2a. Bateau à gouvernail extérieur. Le fletner est monté sur le gouvernail du bateau. Il est possible en inversant le montage de la bielle de transmission et en bloquant la barre d'avoir un PA sans ampli (bateau 2b). On peut donc choisir le mode de fonctionnement selon les conditions de navigation. Le fait de pouvoir disposer de deux PA en un, est un avantage considérable, qui en fait un PA simple, sûr et efficace.

• Figure 21, bateau 3. Le fletner est monté sur un gouvernail supplémentaire, lui-même accroché sur le gouvernail du bateau qui reste bloqué. Il a comme le précédent deux modes de fonctionnement : gouvernail bloqué, c'est un ampli safran-fletner simple, gouvernail libre et bielle de girouette inversée, c'est un amplificateur à deux étages. C'est le PA le plus sophistiqué qui puisse se monter sur un bateau à safran extérieur. Son principal défaut est de rendre la barre un peu dure, lorsque l'on barre à la main. Ce PA que j'ai inventé et commercialisé il y a quelques années avait également le défaut d'être un peu fragile.

NOTES TECHNIQUES

Gain de l'ampli safran-fletner

La figure 19 montre une vue de dessus schématisée. A l'équilibre la somme des moments de toutes les forces par rapport à l'axe du gouvernail doit être nulle. Donc $f \times D = F \times l$.

Le gain en couple de l'ampli est : $F \times l / f \times d = f \times D / f \times d = D/d$.
Le calcul (avec des corrections dues

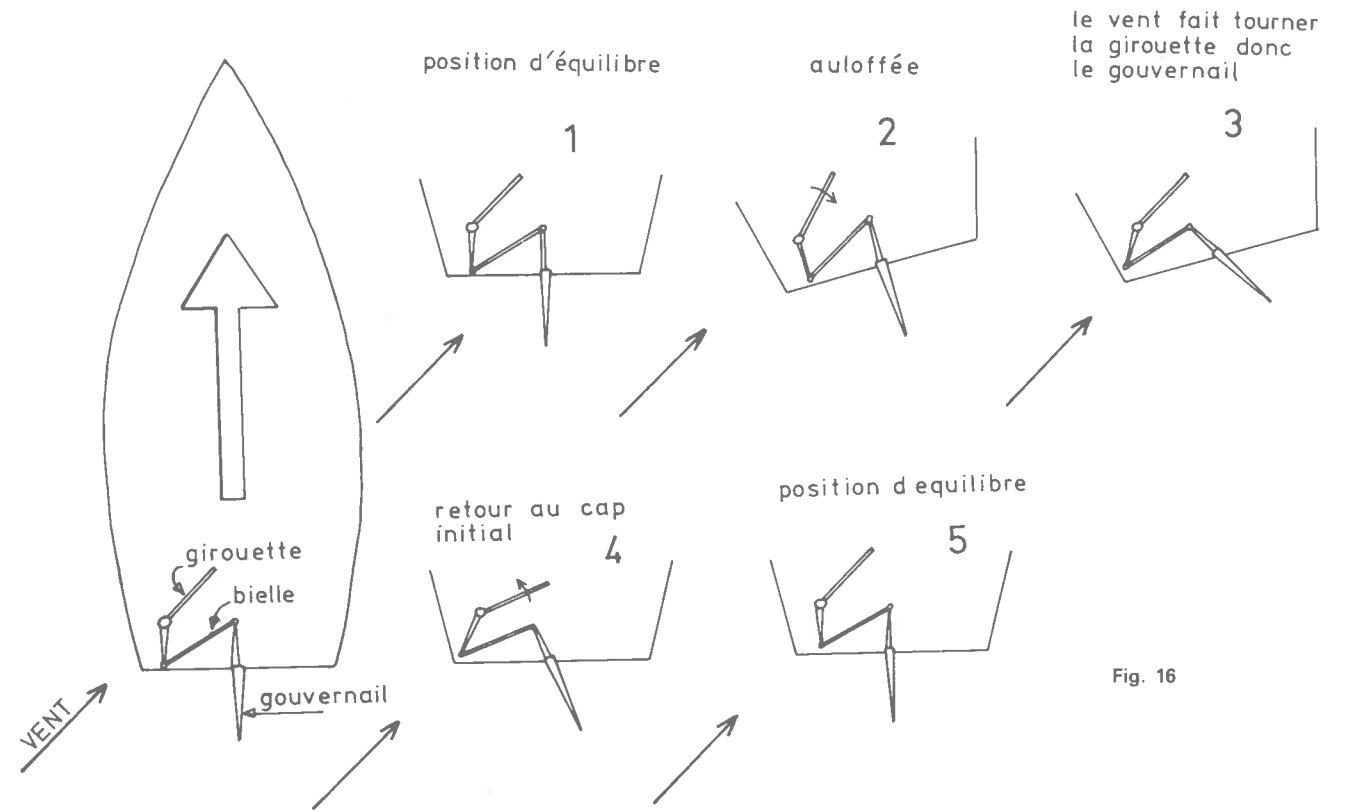


Fig. 16

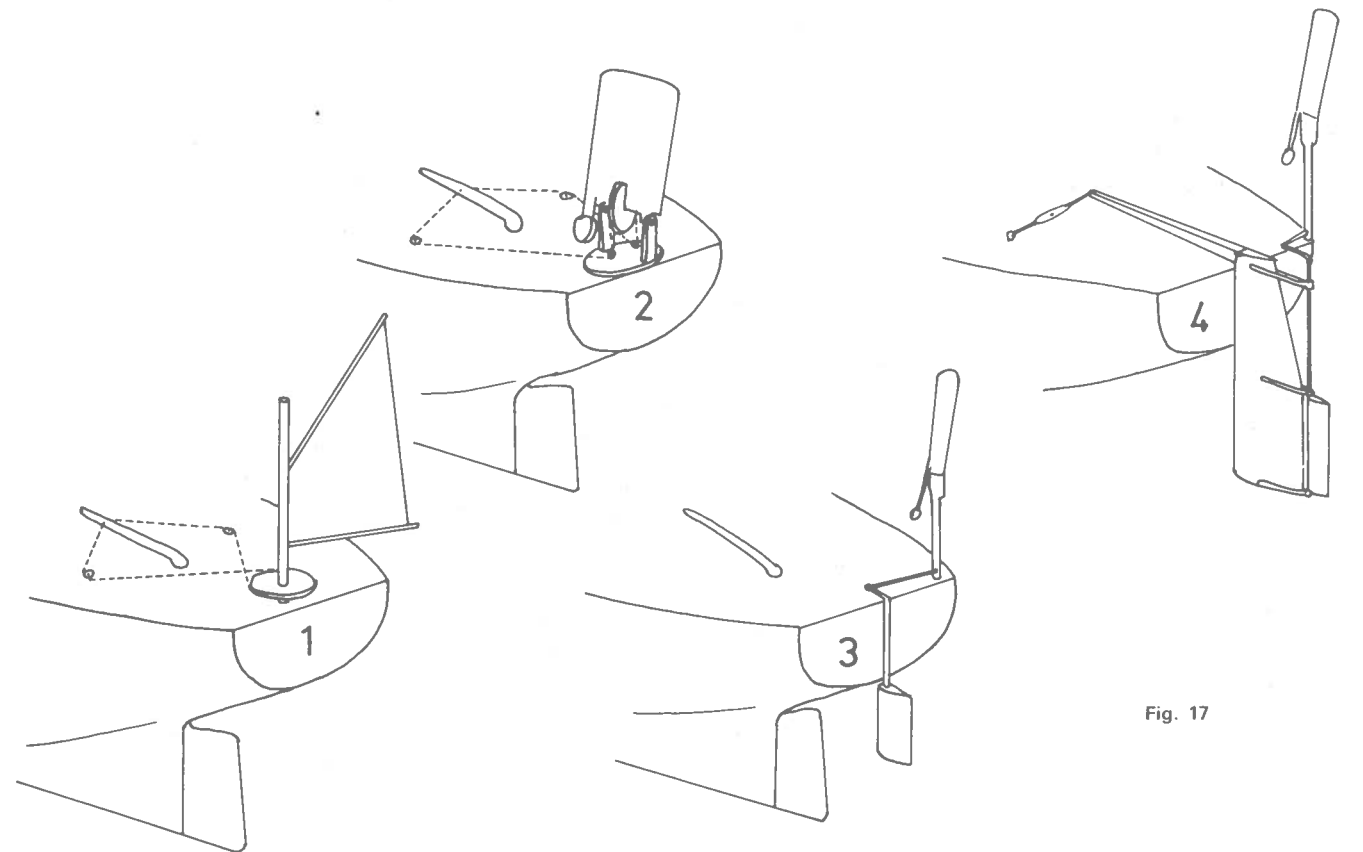


Fig. 17

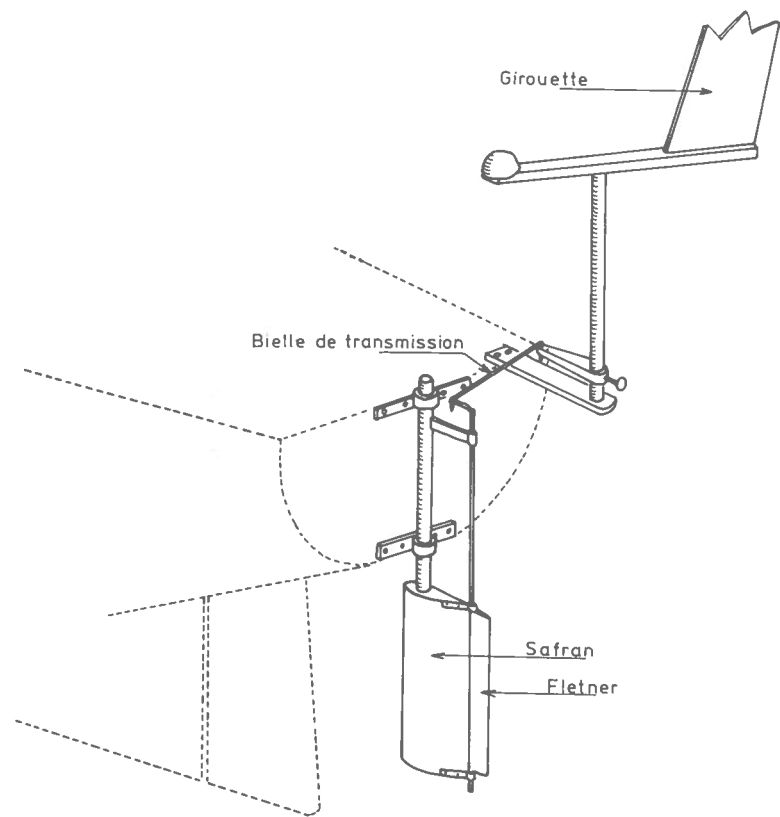


Fig. 18. - Ampli safran-fletner.

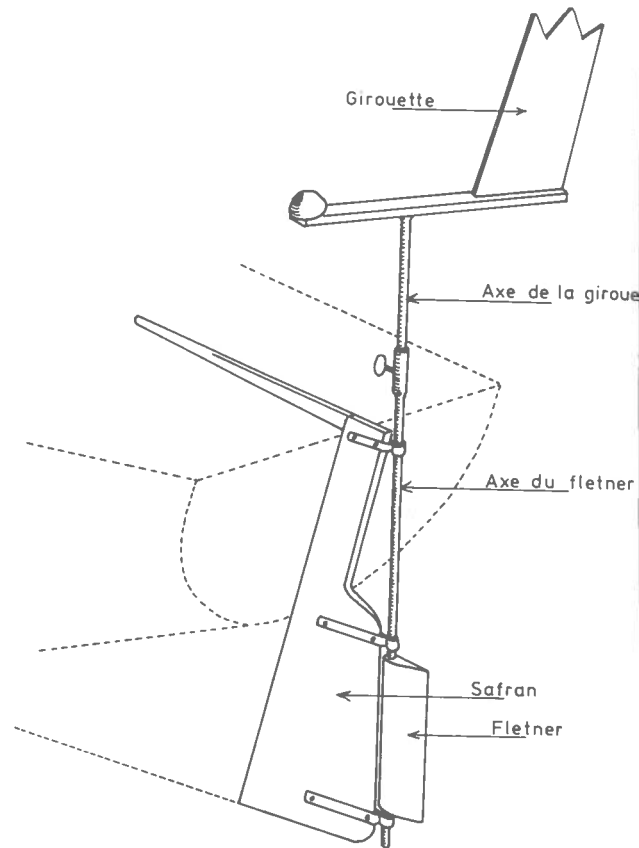


Fig. 20. - Girouette et fletner coaxiaux.

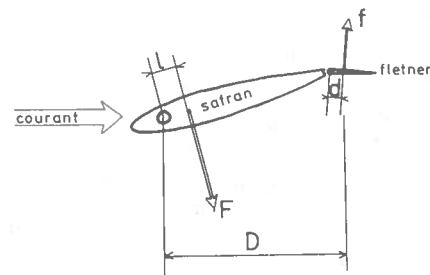


Fig. 19

à l'expérience) montre que pour un ampli safran-fletner construit d'après les normes suivantes :

- Safran compensé à 20 %
- Fletner non compensé
- Les deux sont rectangulaires et de même hauteur.

La largeur du safran (donc sa surface) doit être quatre fois plus grande que celle du fletner.

Ce sont ces proportions qui donnent le meilleur compromis gain élevé-puissance de sortie maximale. Le gain en couple théorique est de $\times 17$. Les expériences que j'ai effectuées, m'ont donné des gains pratiques de l'ordre de $\times 12$

Il est possible avec d'autres montages d'obtenir des gains légèrement plus élevés, mais c'est toujours au détriment de la puissance max.

Contre-réaction sur l'ampli safran-fletner

La figure 22 compare les réactions des PA avec girouette et fletner coaxiaux « A » et avec bielle de contre-réaction « B ».

Les bateaux ayant lofé de l'angle « i » se trouvent dans les positions A1 et B1. Les deux girouettes sous l'action du vent vont tourner de l'angle « i » et entraîner les deux fletners. Dans les positions suivantes A2 et B2, les fletners ont donc

le même angle d'incidence « i ». Les fletners braqués font tourner les safrans, ce qui nous amène aux positions A3 et B3. On remarquera que pendant le mouvement de B2 à B3, le point de liaison de la bielle à la petite barre du fletner étant resté quasiment fixe, l'incidence du fletner a diminué. Plus le safran de B tourne, plus l'incidence du fletner diminue, on arrivera donc à une position d'équilibre, qui ne sera fonction que de l'angle de rotation de la girouette. Par contre pendant le mouvement de A2 à A3, l'incidence du fletner a augmenté, le safran n'a donc aucune raison de s'arrêter de tourner, il ne s'arrêtera qu'au décrochage hydrodynamique, et ceci quel qu'ait été l'angle de rotation de la girouette.

Pour les deux amplis, nous avons le même signal d'entrée, le signal de sortie de B est proportionnel au signal d'entrée, grâce à la contre-réaction ; le signal de sortie de A est indépendant du signal d'entrée, c'est ce que l'on appelle un asservissement tout ou rien. Pour reprendre l'image de la grue, dans le cas B, je pourrai monter la voiture à l'altitude que je désire, tandis que dans le cas A, la voiture ne peut être qu'en haut ou en bas.

Il existe trois systèmes mécaniques permettant la contre-réaction (fig. 23).

- Le système A avec bielle que nous venons de voir. Pour que la contre-réaction fonctionne, il faut que le point de liaison (P) entre la bielle et la petite

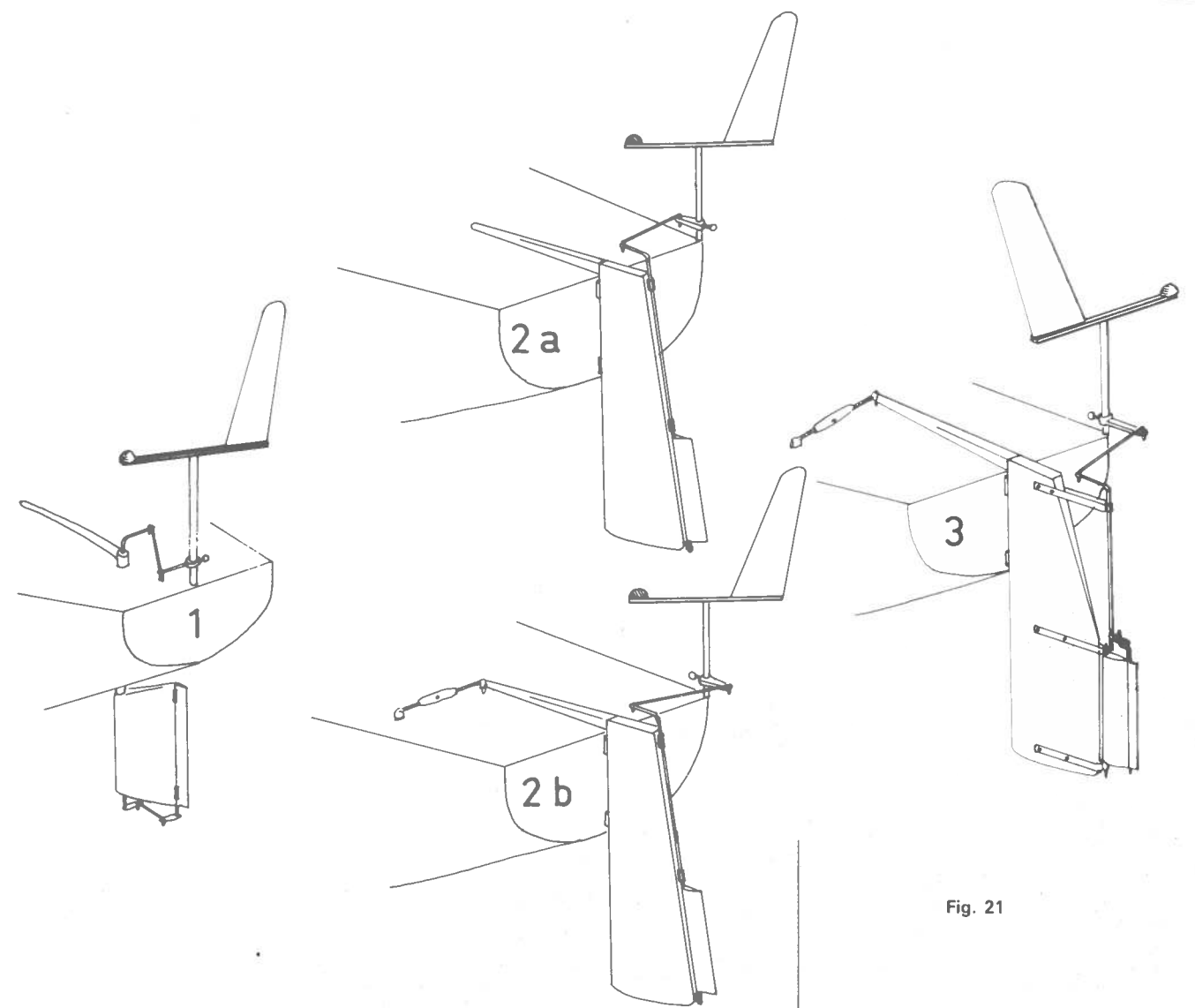
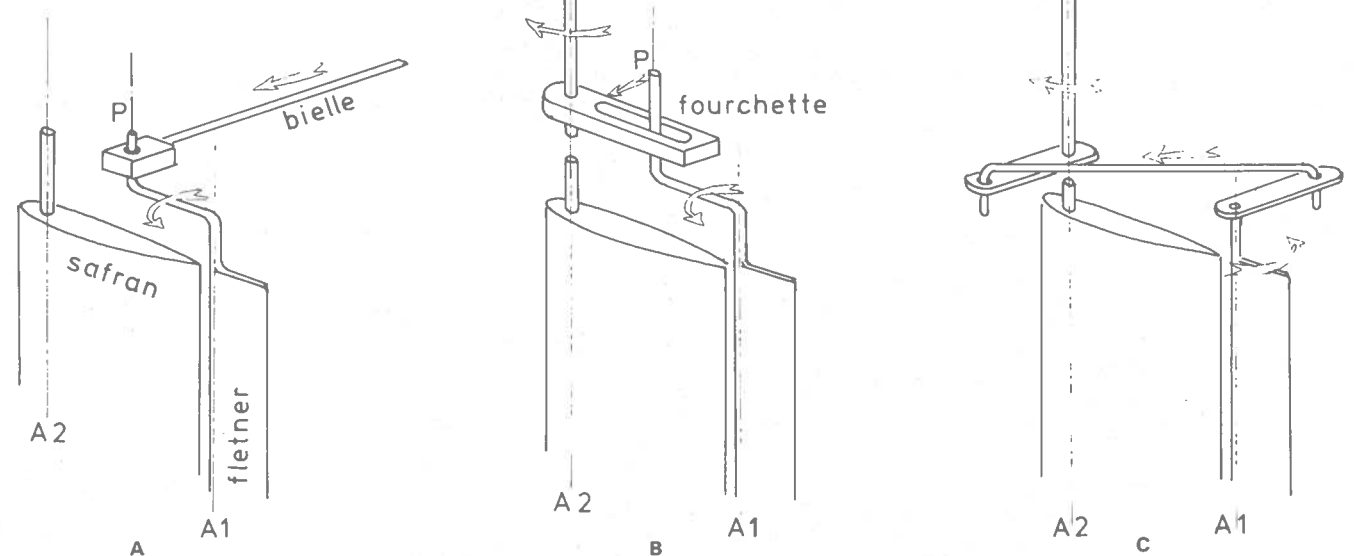


Fig. 21

Fig. 23. - A. B. C.



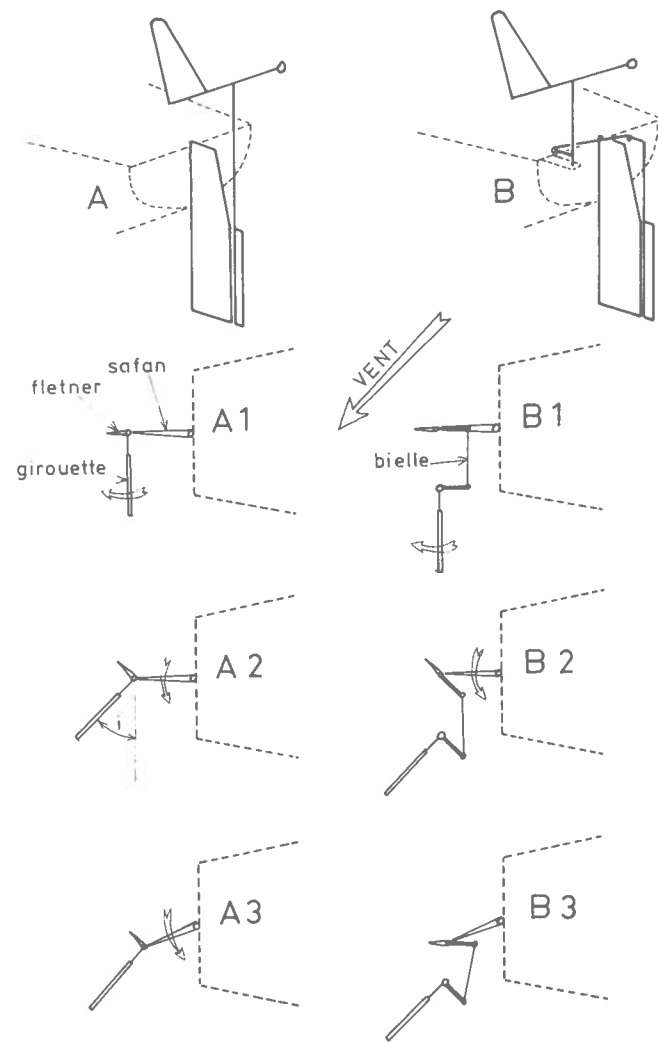


Fig. 22

barre du fletner soit situé entre les axes A1 et A2. S'il est en avant de A2, ou en arrière de A1, il n'y a pas de contre-réaction.

Ce système oblige à avoir une girouette assez loin de l'axe du bateau. Sur les bateaux ayant un tableau arrière, c'est sans hésitation le système qu'il faut choisir, car c'est le plus simple.

• Dans ce cas du système B, comme pour le A, le point P doit être situé entre les axes A1 et A2.

L'axe de commande supportant la fourchette peut être sur l'avant de P si on veut inverser les mouvements (cas de la figure), ou sur l'arrière de P si l'axe de commande et l'axe du fletner doivent tourner dans le même sens (ampli safran fletner simple). Pour les bateaux à arrière norvégien, sur lesquels la girouette doit être dans l'axe du bateau, c'est ce montage qui est le meilleur.

• Le système C n'est pas inversible comme les deux autres, il est donc d'une utilisation plus difficile. Exemple d'utilisation : fig. 21/1, il y a deux inversions de mouvement qui s'annulent.

Dans le cas d'un amplificateur à plusieurs étages (par exemple le fletner commandé par un plus petit fletner), il est indispensable d'avoir une contre-réaction à chaque étage. Par exemple dans le cas de la figure 21/3, le système de contre-réaction sur le premier étage est du type B et celui du second étage du type A.

*

AMPLI PENDULUM DE HASLER

Avec l'ampli pendulum, nous entrons dans le domaine de très hautes performances. Les PA avec ampli pendulum Hasler et girouette Gianoli, sont ces

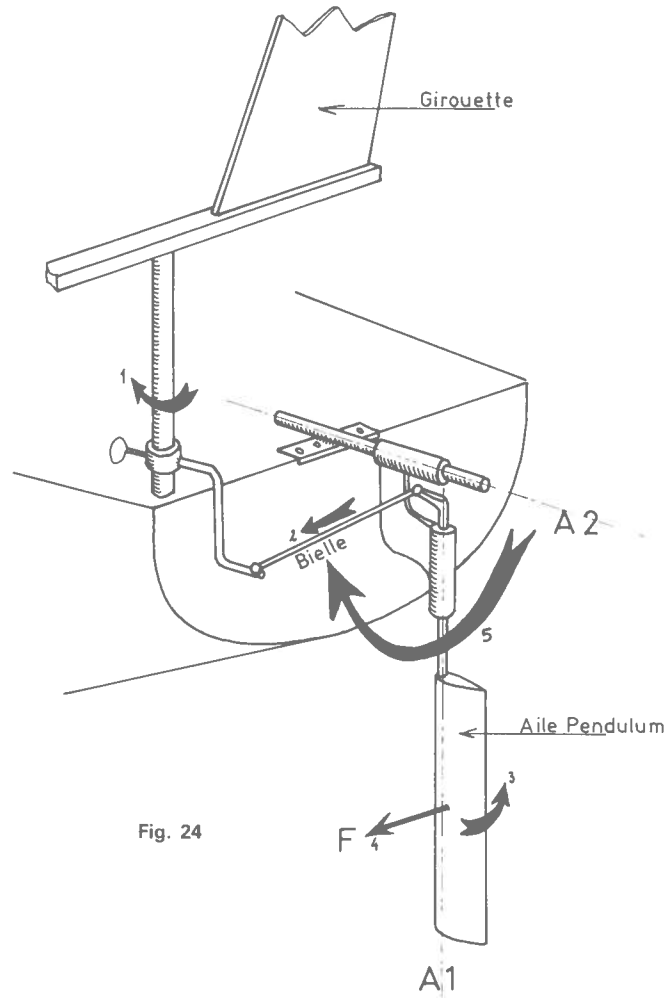


Fig. 24

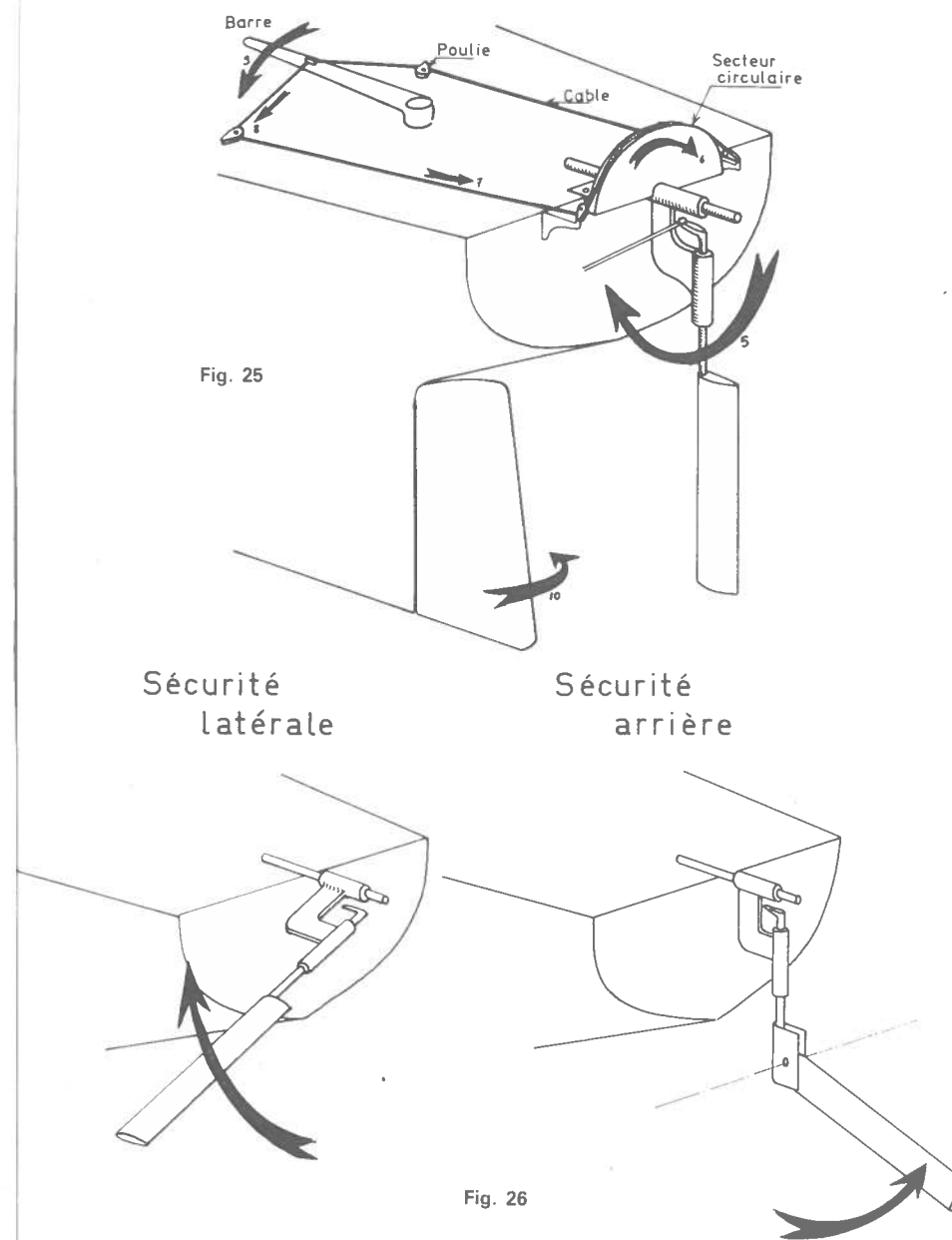


Fig. 25

Fig. 26

merveilles de mécanique de précision que l'on voit maintenant chez beaucoup de shipchangers, et sur nombre de voiliers.

Le principe de l'ampli pendulum est à peu de choses près le même que celui de l'ampli safran-fletner : une aile (le pendulum) immergée à deux axes de rotation ; le signal d'entrée est une rotation par rapport au premier axe A1, le signal de sortie est une rotation par rapport au second axe A2, la seule différence est que le second axe A2 est horizontal au lieu de vertical (fig. 24).

Voir encadré technique sur le pendulum.

Le bras de levier formé par le pendulum étant très grand, beaucoup plus grand que celui formé par le safran de l'ampli safran-fletner, la puissance de cet ampli est considérable. Le pendulum est surmonté d'un secteur circulaire sur lequel sont fixés deux câbles qui vont commander les mouvements de la barre

(fig. 25). Contrairement à l'ampli safran-fletner qui intègre ampli et gouvernail, le gouvernail n'est ici relié à l'ampli que par ces câbles. C'est toujours le gouvernail d'origine du bateau qui sera utilisé, cela est rendu possible par la formidable puissance de cet ampli.

Le grand bras de levier du pendulum, qui lui donne sa puissance, lui donne aussi sa fragilité, car le moindre choc sur la partie immergée se traduit par un couple énorme au niveau de l'axe horizontal.

Que le moindre élément se bloque (barre, câbles, commandes, etc.) et le pendulum se casse dans le sens transversal, que le moindre objet traînant sur l'eau (algue, bout, etc.), se prenne dans le pendulum, et celui-ci se casse dans le sens longitudinal. On pallie ces dangers en donnant au pendulum un débattement transversal suffisant pour qu'il sorte de l'eau en cas d'ennui, ce qui limite les risques de bris dans le sens

transversal, et on introduit une sécurité (du type fixation de ski) qui permet au pendulum de se relever vers l'arrière en cas de mauvaise rencontre sur l'eau (fig. 26).

Il n'en demeure pas moins que c'est un instrument relativement fragile, ne serait-ce qu'à cause des abordages incontrôlés par l'arrière dans les manœuvres de port.

Le pendulum

La figure 27 montre les phases de fonctionnement.

Transmission girouette-pendulum

Que la girouette soit à axe vertical ou horizontal, la transmission est presque la même que pour l'ampli safran-fletner ; la principale différence est que cette transmission devra permettre les mouvements du pendulum par rapport aux deux axes qui ne sont plus parallèles. Le point de liaison avec la bielle de commande devra donc être une rotule, ou un système équivalent (fig. 28).

Contre-réaction

Pour que la contre-réaction puisse fonctionner, le point de liaison P doit être soit en avant de l'axe A1 et en dessous de l'axe A2, soit en arrière de l'axe A1 et au-dessus de l'axe A2. (Fig. 28.)

Asservissement en dérivée

Pour pouvoir bénéficier d'un léger effet d'asservissement en dérivée (voir paragraphe suivant), girouette et pendulum (autour de l'axe A1) doivent tourner en sens contraire, et la transmission pendulum-gouvernail doit se faire dans le sens indiqué par la figure 25.

Amplificateur à deux étages

Le pendulum au lieu d'être une aile simple, peut être fait de deux ailes formant ampli safran-fletner.

Le gain en couple est alors formidable puisqu'il peut atteindre $\times 15$ pour l'ampli safran-fletner, et $\times 100$ pour l'ampli pendulum, la conjugaison des deux donnant un gain de $\times 1500$. Si nous mettons dessus une girouette Gianoli, qui donne artificiellement un gain $\times 10$, le gain total de $\times 15000$ donnera une idée de la différence avec le PA de Marin Marie qui avait un gain de $\times 1$.

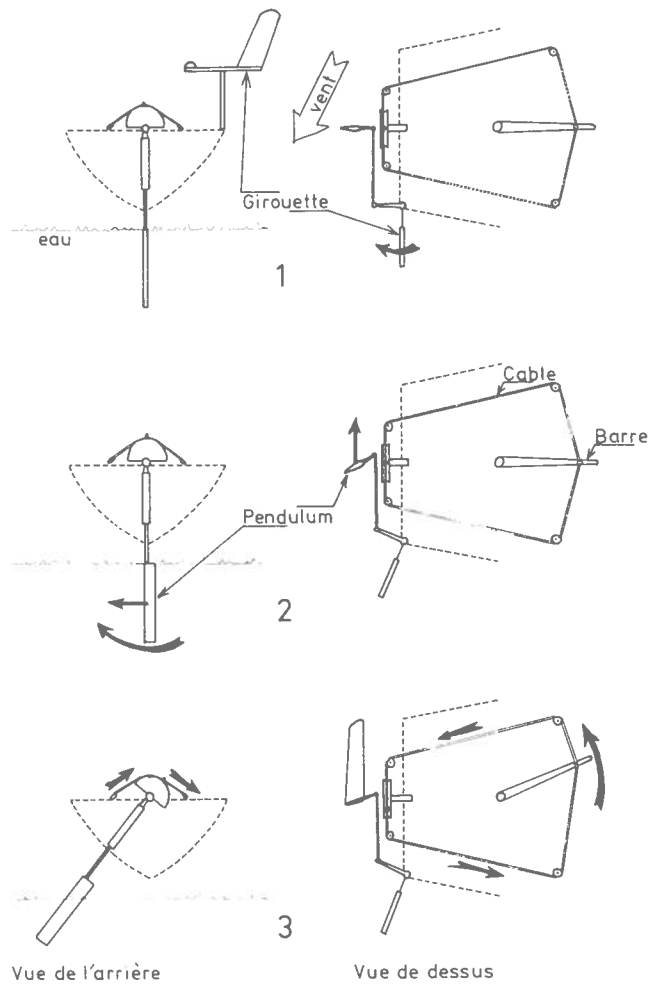


Fig. 27

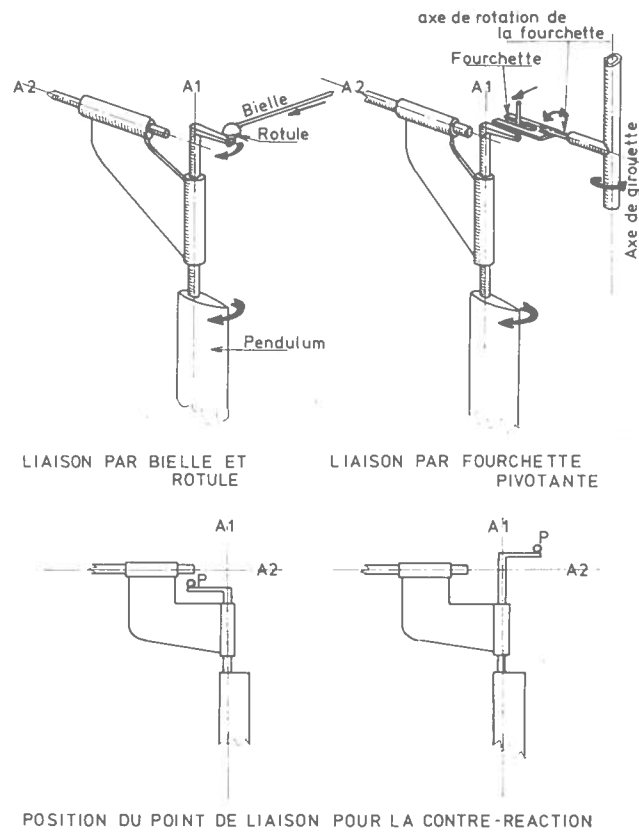


Fig. 28

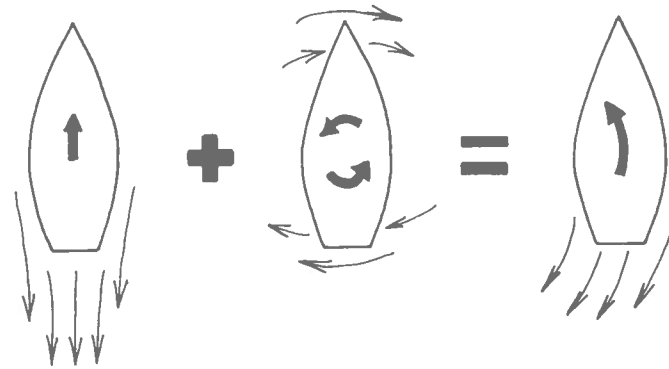


Fig. 31. - Rotation du sillage.

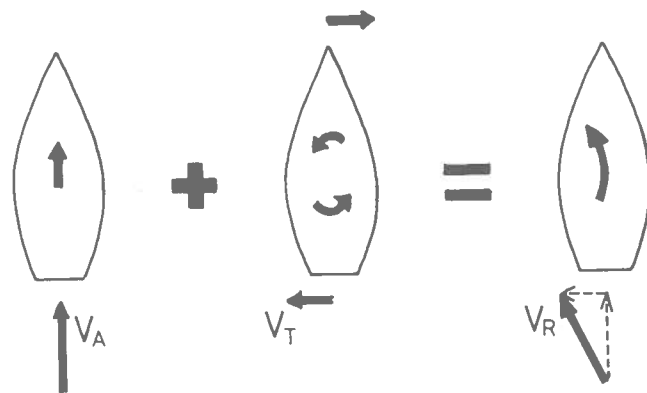


Fig. 29. - Rotation du vent apparent.

L'ASSERVISSEMENT EN POSITION ET DÉRIVE ET LA PALE AUTOPTÈRE DE M. GIANOLI

Un PA est en général un « asservissement en position » c'est-à-dire que la girouette ne tient compte que de la position du bateau, de son erreur de cap.

Il est possible d'imaginer un asservissement en position et « dérivée », c'est-à-dire que le PA tient compte non seulement de la position du bateau, mais également de la vitesse avec laquelle le bateau s'écarte de son cap (vitesse = dérivée de la position).

Si le bateau fait une brusque embardée, il s'écarte de son cap très rapidement ; lorsque la girouette réagira, le bateau sera déjà loin de son cap initial, et il sera peut-être trop tard pour le rattraper. Tandis que si un dispositif tient compte de la vitesse de l'embardée, la réaction du PA sera quasi instantanée.

Comment peut-on déceler la vitesse de rotation du bateau ? C'est très simple, le bateau tourne par rapport à trois éléments : le vent, l'eau, et une direction absolue que pourrait donner un gyroscope. Voyons d'abord la direction du vent due à une embardée (fig. 29).

Le vent reçu par un bateau qui avance en tournant est la superposition du vent V_A reçu par le bateau qui avance et ne tourne pas, et du vent V_T reçu par le bateau qui tourne sans avancer. Au moment de l'embardée, le vent reçu V_R sera la composition des deux précédents. Nous voyons que l'embardée

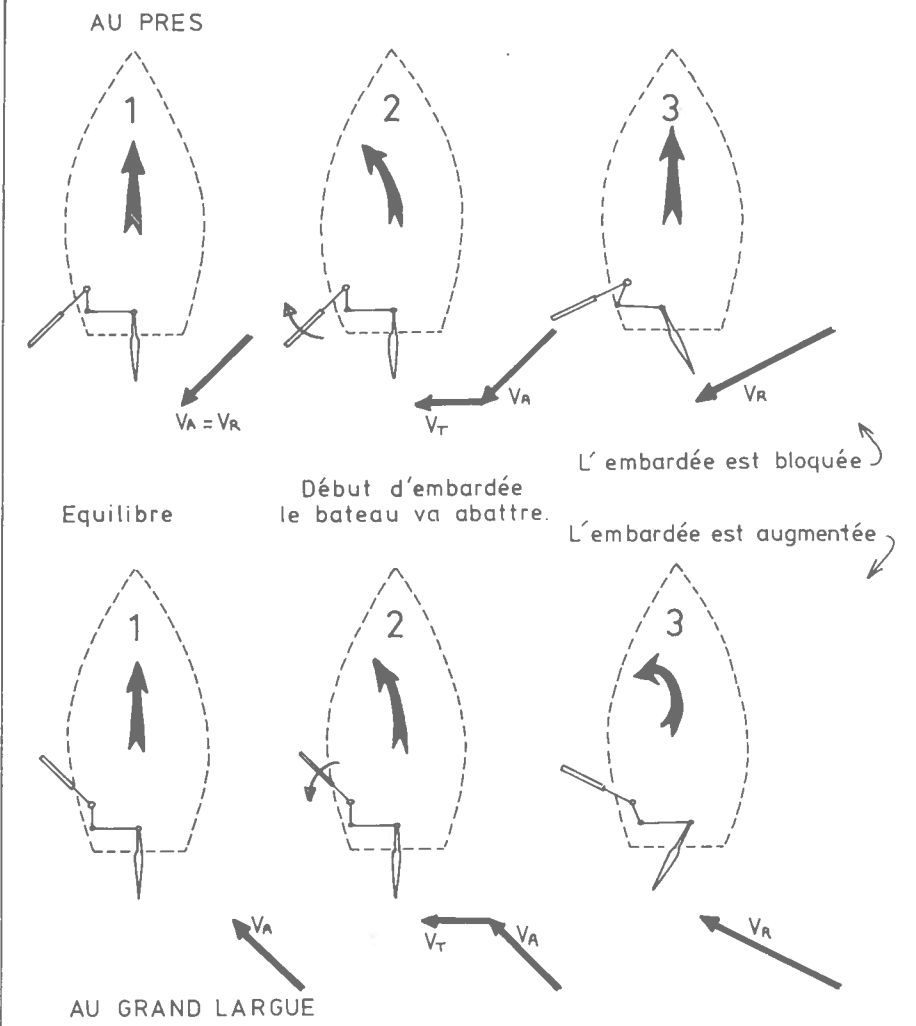
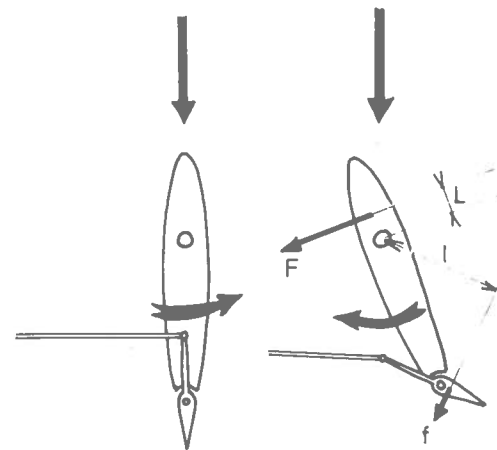
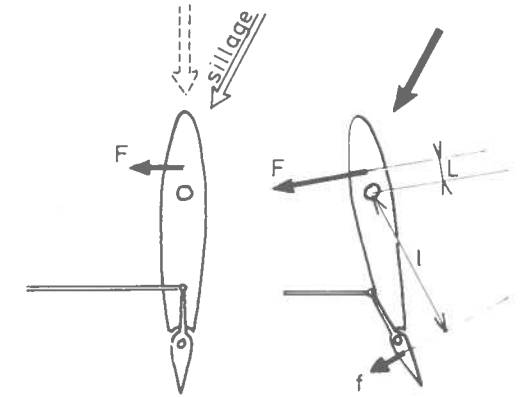


Fig. 30



$f \times l$ plus grand que $F \times L$
le safran revient dans l'axe

Fig. 32. - Stabilité de l'équilibre.



Le safran se braque jusqu'à l'équilibre $f \times l = F \times L$

Fig. 33. - Rotation du sillage.

provoque une rotation instantanée du vent due uniquement à la vitesse de rotation du bateau, et non à son erreur de cap. Nous avons donc bien un moyen de déceler la vitesse de rotation du bateau par une simple girouette.

Voyons sur la *figure 30* l'effet de l'embarquée sur la girouette :

- a) Aux allures montantes (près, bon plein).

La vitesse de rotation initiale, fait tourner le vent, donc la girouette du PA, donc le gouvernail.

Si le bateau a tendance à abattre, le gouvernail se braque pour le faire lofer. Nous avons donc bien un asservissement en position et dérivée, puisque la girouette tient compte et de l'erreur de cap, et de la vitesse de rotation du bateau.

- b) Aux allures portantes (grand large, vent arrière), nous voyons que la même embarquée fait tourner le vent dans le sens contraire du cas précédent, donc tout va marcher à l'envers. Sur ce bateau qui avait tendance à abattre, le PA augmentera cette tendance au lieu de la contrarier. Notre asservissement deviendra aberrant.

C'est une des raisons pour lesquelles les PA que nous venons de voir fonctionnent beaucoup mieux aux allures montantes qu'aux allures portantes.

Voyons maintenant la réaction du sillage du bateau à une embarquée (*fig. 31*). La vitesse de rotation du bateau faisait tourner le vent reçu dans un sens ou un autre, elle fait également tourner le sillage du bateau, mais toujours dans le même sens, puisque le sillage va toujours d'avant en arrière.

Il est donc possible de mettre une girouette dans l'eau, et de faire fonctionner le PA avec une girouette aérienne pour l'asservissement en position, et une girouette immergée pour l'asservissement en dérivée.

Cependant, vous n'en verrez jamais, car d'une part, M. Gianoli a trouvé un système permettant d'utiliser le gouvernail du PA comme une girouette immergée (Pale autoptère). D'autre part, le seul PA à deux girouettes - une aérienne et une immergée - qui ait existé, était un PA expérimental que j'avais fabriqué, et dont le but unique était d'effectuer des mesures. Le PA a deux girouettes serait au point de vue des performances le meilleur PA du monde, s'il n'était quasiment inutilisable du fait de la complication extrême des mécanismes.

Quant à l'utilisation d'un gyroscope c'est encore à M. Gianoli que nous devons cette idée. Il a installé un PA muni d'un gyroscope entraîné par une turbine à air, sur le Pen Duick II pour la Transat de 1964. Ce système a été abandonné car il ne donnait pas entière satisfaction.

*

LA PALE AUTOPTÈRE DE M. GIANOLI

C'est tout simplement un ampli safran-fletner dont le safran est surcompensé. C'est-à-dire que l'axe du safran est placé en arrière du point d'application de la force.

Cet ampli a des réactions tout à fait étonnantes.

D'abord, puisqu'il est surcompensé, le safran devrait se mettre en travers. La *figure 32* montre que si le safran commence à se mettre en travers, le fletner se braque et le ramène dans l'axe. Il est donc rendu artificiellement stable.

D'autre part, la *figure 33* montre la réaction de l'ampli à un changement d'orientation du sillage. Le safran se braque pour contrer tout changement d'orientation du sillage. Ce qui prouve bien que cet ampli donne à lui tout seul l'asservissement en dérivée.

A part cela, il fonctionne comme l'ampli safran-fletner classique.

Un PA composé d'une girouette à axe presque horizontal, et d'une pale autoptère, marche merveilleusement bien à toutes les allures, dans toutes les conditions.

Comment peut-il exister encore des amplis safran-fletner classiques, alors qu'en changeant simplement la position de l'axe du safran on obtient un ampli dont les performances sont exceptionnelles ?

C'est qu'il y a un revers à la médaille. Ce PA demande des réglages tellement fins et précis, une construction tellement soignée et solide, qu'il est quasiment irréalisable par un amateur. Les appareils basés sur ce principe que l'on vend dans le commerce sont, pour les mêmes raisons, assez onéreux.

CONCLUSION

Soyons un peu chauvin, le PA est une invention française à part le pendulum du colonel Hasler, tous les perfectionnements qui ont été apportés par la suite sont français, tout comme les meilleurs PA du marché actuel. Traverser la Manche pour acheter son PA, sous prétexte que la livre est plutôt basse, serait une erreur.

Pour le navigateur un peu fauché qui désirerait fabriquer lui-même son PA, ou pour le marin au long cours qui désirerait un appareil sur mesure particulièrement solide, je conseillerais vivement un PA formé d'une girouette à axe presque horizontal de Gianoli, et d'un ampli safran-fletner classique, si possible séparé du gouvernail principal.

J'ai construit personnellement une trentaine de PA, utilisant tous les systèmes connus, plus quelques autres de mon invention, et c'est certainement cette association là qui m'a donné le plus de satisfactions.

Pour les puristes il s'agit plus précisément d'un « gyromètre ».

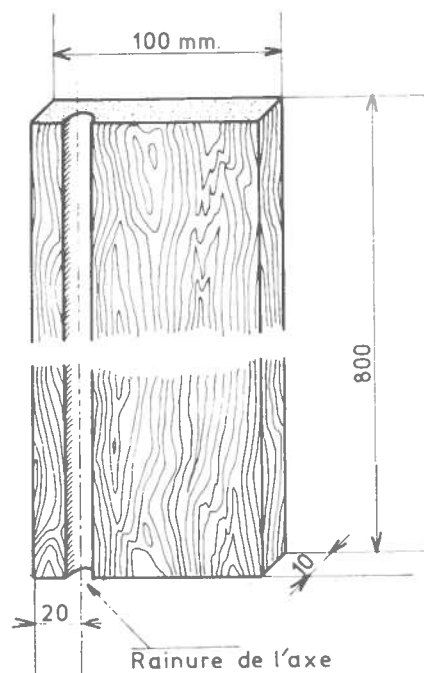


Fig. 35
Demi-fletner brut avec sa rainure pour le logement de l'axe

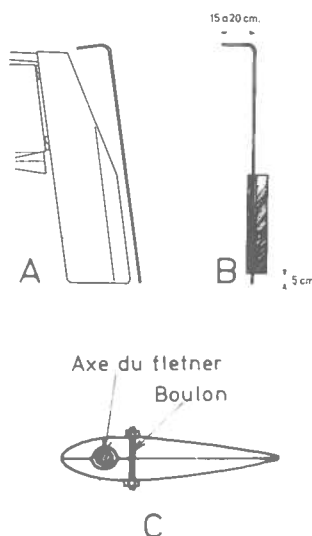


Fig. 37. - Longueur et forme de l'axe du fletner.

LA FABRICATION D'UN PILOTE

Mon but n'est pas de fournir les plans d'un PA moyen, pouvant s'adapter sur la majorité des bateaux, mais plutôt de donner les éléments et conseils qui vous permettront de fabriquer un PA sur mesure, parfaitement adapté à votre bateau.

La construction d'un bon PA ne demande que 10 à 30 heures de travail, et coûte entre 200 et 400 F. Elle nécessite l'outillage classique de travail du bois, et un peu d'imagination.

Cette construction ne sera que l'application de la théorie des PA que je vous ai expliqué.

Pendant la fabrication de votre PA vous devez toujours garder à l'esprit une idée essentielle : toutes les parties mobiles doivent pouvoir jouer librement, avec le minimum de frottements.

AMPLIFICATEUR POUR UN BATEAU A GOUVERNAIL EXTÉRIEUR : Préparation du safran

Le gouvernail du bateau va faire partie du PA, il est donc possible qu'il faille

légèrement modifier le safran pour l'adapter à sa nouvelle fonction.

On va placer derrière le safran un fletner droit, le bord de fuite du safran doit donc être droit (pas forcément vertical). Si le bateau est assez ancien, avec un safran arrondi (*fig. 34*) un coup de scie arrangera l'affaire. Et contrairement à ce que l'on pourrait penser, cette légère ablation ne peut qu'améliorer les qualités du gouvernail.

Le bord de fuite du safran doit être profilé ; si ce n'est pas le cas, il faudra l'affiner à la varlope (*fig. 34*).

Sur les bateaux modernes, il n'y a en général pas de problème, le bord de fuite du safran étant pratiquement toujours droit et profilé.

Forme du fletner

Prenons par exemple un safran dont la partie immergée a une hauteur de 80 cm, et une largeur de 40 cm.

Le fletner doit avoir la hauteur maximum possible, donc 80 cm. Sa surface doit être de 25 % de la surface du safran, sa largeur sera donc de 10 cm.

Son épaisseur relative doit être comprise entre 15 et 20 %, l'épaisseur sera donc de 1,5 à 2 cm.

Le fletner doit être compensé à 20 % son axe de rotation sera donc à 2 cm du bord d'attaque.

La distance du point d'application de la force au bord d'attaque sera 25 % de la largeur, donc la distance de ce point à l'axe sera : 25 % moins 20 % de compensation = 5 % soit 0,5 cm. La caractéristique Sxd (nécessaire pour le calcul de la girouette) sera $(80 \times 10) \times 0,5 = 400 \text{ cm}^2/\text{cm}$.

Ainsi, à chaque gouvernail différent correspondra un fletner de forme appropriée.

Stratifications du contre plaqué.

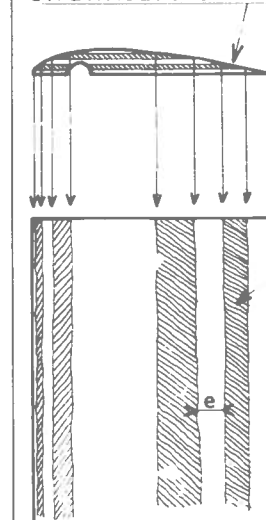


Fig. 36
Demi-fletner profilé
Les stratifications du contre-plaqué servent de repère

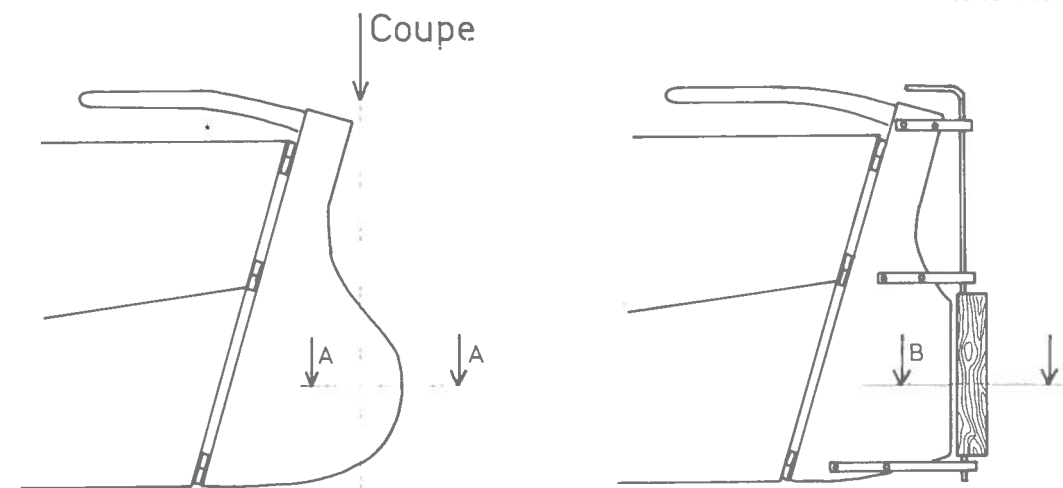
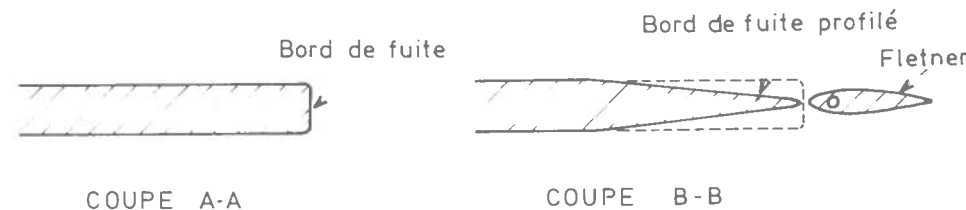


Fig. 34. - Faire un safran avec bord de fuite droit et profilé.



Fabrication du fletner

L'aile du fletner sera en contre-plaqué marine, son axe sera en inox plein diam. 10 mm (15 mm pour les gros bateaux) ou en aluminium AG 4 ou AG 5 plein diam. 12 mm (15 à 20 mm pour les gros bateaux).

L'aile devra être constituée d'un nombre pair de couches de contre-plaqué; dans l'exemple choisi, nous pourrions prendre deux morceaux de contre-plaqué de 80 x 10 cm, d'épaisseur 8 ou 10 mm.

Chacun des deux morceaux de contre-plaqué aura une face interne dans laquelle sera usinée en long une rainure destinée à recevoir l'axe, et une face externe qui sera profilée. Les deux faces internes seront ensuite collées.

On commence par tracer l'axe à 2 cm du bord d'attaque (fig. 35). La rainure en forme de demi-cylindre peut être usinée soit à la fraise, soit à la main avec un ciseau à bois. Il n'est pas nécessaire que cette rainure ait un profil parfait, il suffit qu'elle soit assez profonde pour recevoir la moitié de l'axe, et que son milieu soit bien centré.

Le profil sera fait très simplement à la main avec une varlope. Les stratifications du contre-plaqué vont permettre de juger à l'œil de la régularité du profil (fig. 36). Pour avoir un second profil identique au premier, il suffit d'avoir des écartements « e » semblables sur les deux faces. Terminer chaque face par un bon ponçage. Pour réaliser les deux faces, rainures et profils, il ne faut pas plus de deux heures de travail.

Préparer l'axe du fletner comme indiqué sur la figure 37/A la partie tordue devant avoir un rayon de courbure assez grand pour permettre le passage par la suite des plaquettes de paliers. Remplir les rainures de colle ou de polyester, et coller les deux faces de l'aile, avec l'axe dans son logement (fig. 37/B). Le collage doit être « parfait » si donc vous n'êtes pas maître es-collage, je vous conseille de doubler ce collage par quelques boulons régulièrement répartis (fig. 37/C).

Les paliers

Chacun des trois paliers est formé de deux cornières en n'importe quel métal et d'une plaquette en matériau antifric-tion (nylon, céloron, etc.). La plaquette sera boulonnée sur les cornières (vis tête fraisée noyée sous la plaquette) celles-ci devant être boulonnées sur le safran. Il ne faut pas oublier que ces paliers doivent transmettre des efforts importants.

Le trou central de la plaquette doit avoir un diamètre égal au diamètre de l'axe plus un millimètre pour les paliers

du bas et du milieu, et plus deux millimètres pour le palier du haut. Ceci permet au fletner de tourner avec un minimum de frottements. Dans le même but, on peut fraiser le dessus et le dessous de ce trou. La distance de l'axe du trou à un des côtés doit être égale à la compensation du fletner (20 mm) plus le jeu (3 ou 4 mm).

Montage sur le gouvernail

Enfiler les paliers sur l'axe, les plaquettes du bas et du haut devant être tournée vers le haut, et la plaquette du milieu vers le bas. Aussi bien en haut qu'en bas, il faut intercaler une rondelle

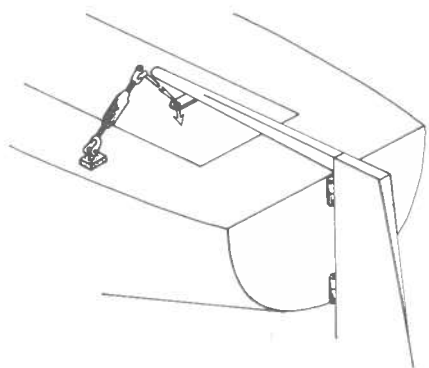


Fig. 39
Système de blocage de barre par ridoir

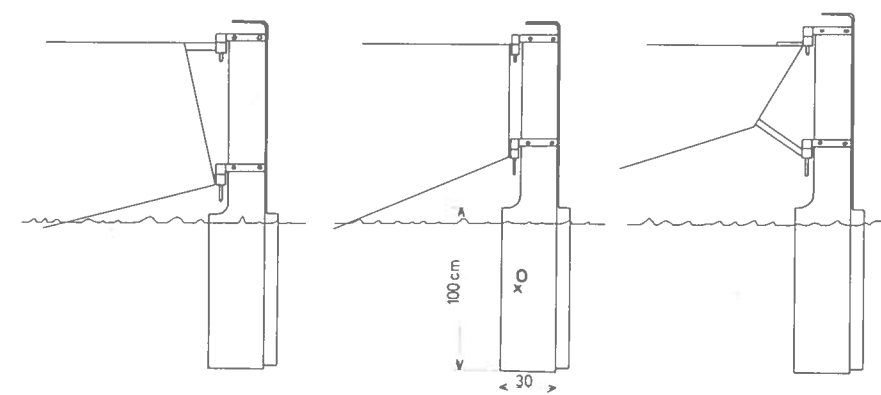


Fig. 40

en inox entre l'aile et la plaquette (fig. 38). Placer le gouvernail bien à plat et positionner chacun des paliers, il faut veiller à ce que l'alignement soit parfait.

Ce n'est qu'ensuite, qu'il faut percer les trous au travers du safran. L'amplificateur étant ainsi terminé, vérifiez une dernière fois que le fletner tourne librement.

Blocage de barre

Le pilote automatique pourra être utilisé soit en ampli safran-fletner, soit sans ampli barre bloquée. Il faut donc construire un système de blocage de barre. Ce blocage doit être rigide, ce qui exclut tout système à base de câble, bout, sandows, etc. Il doit être amovible facilement, pour que l'on puisse reprendre rapidement la barre en cas de danger, il doit donc être muni d'un verrouillage du genre plaquette avec un trou d'un côté, tige de l'autre. Enfin, il doit permettre un réglage fin de l'angle de barre, ce qui impose un système à base de vis. Personnellement, j'ai toujours employé un gros ridoir (fig. 39) mais j'ai vu des systèmes très ingénieux avec une grosse tige filetée, et même avec un cric de 2 CV Citroën.

Amplificateur pour un bateau à voûte

Puisqu'il n'y a pas de gouvernail sur le tableau, il faut en fabriquer un. Et comme un gouvernail, c'est quelque chose de sérieux, qui est soumis à des efforts importants, nous allons être obligés de faire un petit calcul « de résistance des matériaux » (voir calcul des efforts sur le gouvernail).

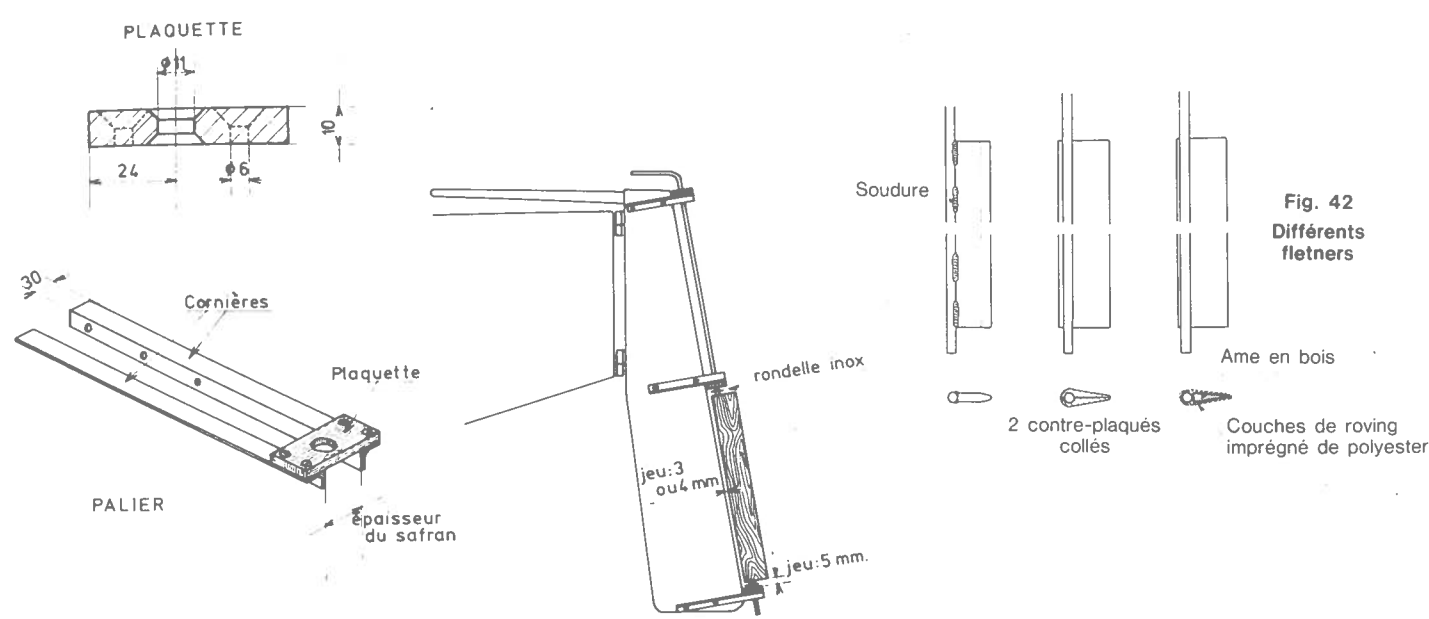


Fig. 38

Fig. 42
Différents fletners

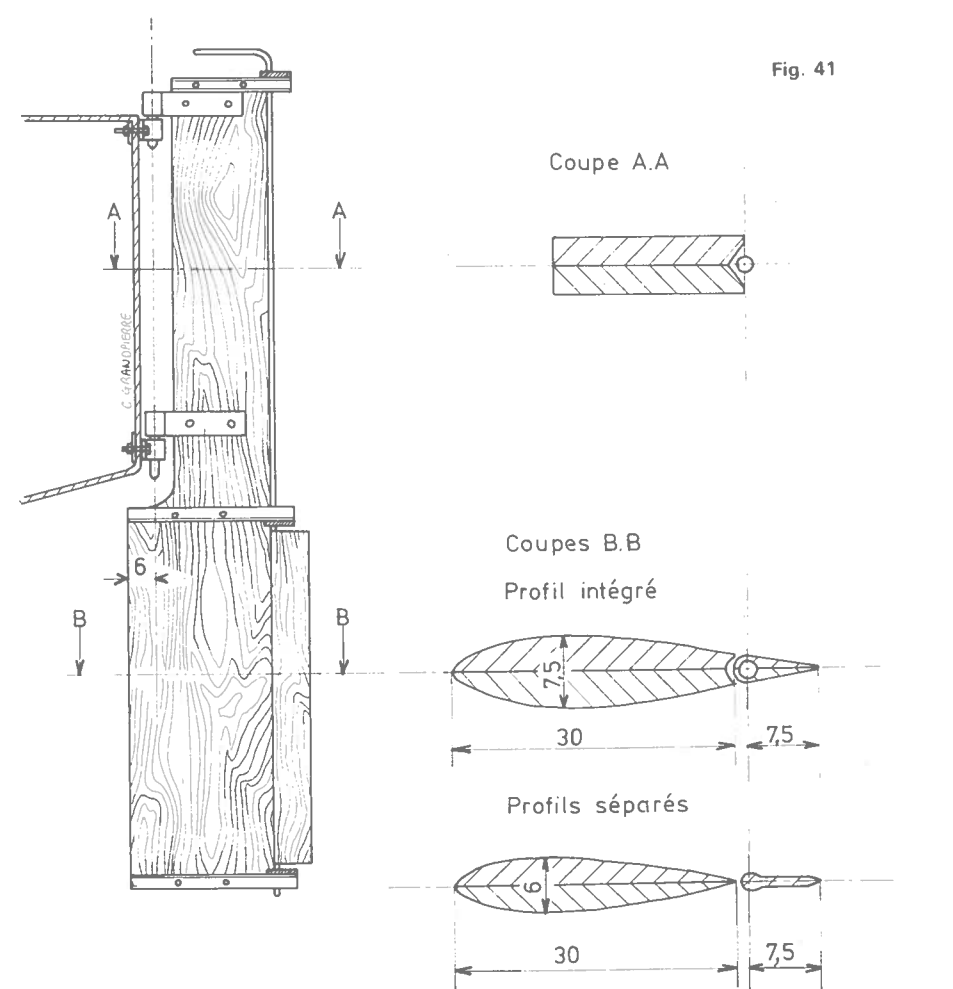


Fig. 41

La surface immergée du safran sera comprise entre 50 % et 70 % de la surface du gouvernail principal du bateau. On ne peut donner aucune proportion exacte, puisqu'elle dépend de la forme du bateau, de sa stabilité de route, de sa maniabilité, etc.

Fixation du gouvernail au bateau

Le gouvernail doit être si possible vertical, les deux charnières étant le plus possible éloignées l'une de l'autre, ce qui peut obliger, si le tableau est petit et incliné, à fabriquer un véritable support en acier (fig. 40). Si pour une raison quelconque, on est amené à retirer ce safran, pendant que le bateau est en route, et que ce soit l'aiguillot du bas qui décroche le premier, le couple en haut devient tellement important, qu'on est certain de tout arracher. Donc pour éviter cela, l'aiguillot du bas doit être plus long que l'aiguillot du haut de quelques centimètres. Croyez-moi, ce détail est important, c'est comme ça que j'ai perdu mon premier pilote automatique.

Fabrication de l'ampli

On s'inspirera dans une large mesure de la technique exposée au paragraphe précédent.

Le gouvernail sera formé d'une partie émergée à section rectangulaire et d'une partie immergée à section profilée (fig. 41). Pour pouvoir profiler le safran à la varlope, il est préférable d'utiliser deux plaques de contre-plaqué que l'on collera ensuite, comme pour le fletner du paragraphe précédent.

Le fletner peut être soit un profil intégré, soit un profil séparé (fig. 41).

Détermination des cotes principales

L'allongement du safran devra être compris entre 2 et 3.

Prenons comme exemple le safran de la figure 40 hauteur 100 cm, largeur 30 cm (ce qui fait un allongement de 3,33).

Le fletner doit avoir une largeur de 25 % de la largeur du safran, soit 7,5 cm.

L'épaisseur maxi du safran doit être de 15 % à 20 % de sa largeur, donc 4,5 à 6 cm (% de 30 cm) avec un fletner à profil séparé, et 5,5 à 7 cm (% de 30 + 7,5 cm) avec un profil intégré.

La compensation du safran doit être de 20 % donc 6 cm.

Le fletner ne doit pas être compensé dans ce cas.

Le $S \times d$ caractéristique du fletner sera $h \times l \times \frac{1}{4}$ multiplié par un facteur correctif de 2/3, ce qui donne $S \times d = 937 \text{ cm}^2 \times \text{cm}$.

Il y a plusieurs façons de fabriquer le fletner : (fig. 42).

On peut simplement souder un plat d'aluminium sur la tige de l'axe, et profiler légèrement le bord de fuite. On peut également faire comme le fletner du paragraphe précédent, deux parties collées avec une rainure pour l'axe... Troisième solution, un coin de bois et du roving de verre imprégné de polyester.

L'axe du fletner peut être en alu plein Ø 10 mm, ou en inox plein Ø 8 mm.

Les trois paliers se font de la même manière que dans le paragraphe précédent.

En montant les paliers du fletner, et les charnières du safran, il faut bien vérifier que tout tourne librement sans frottements.

Un dernier conseil : les alliages d'aluminium sont nettement moins chers et plus faciles à travailler que l'acier inox, mais l'inox est tellement mieux... surtout pour les parties mobiles.

(Personnellement, et par paresse, j'utilise toujours les alliages d'aluminium.)

*

Calcul des efforts sur le gouvernail

La force maximum qui peut être appliquée sur le gouvernail est donnée par la formule des ailes :

$$F = 1/2 \cdot C \cdot (R_o/g) \cdot S \cdot V^2$$

avec $C = 1$ au maximum, $R_o/g = 105$, $S = 0,30 \text{ m}^2$ (exemple de la fig. 41) vitesse maximum du bateau de l'ordre de 10 nœuds soit 5 m/s . $V^2 = 25$.

Le calcul donne alors $F = 400 \text{ kg}$ (aussi énorme que cela puisse vous paraître).

(Pour les puristes de l'hydrodynamique, nous pouvons préciser que le gouvernail étant libre autour de son axe, nous n'avons pas à tenir compte de la masse d'eau ajoutée).

Calculons maintenant les réactions des appuis (charnières).

$$R_A = \frac{L_2}{L_1} F$$

donc $R_A = \frac{90}{60} 400 = 600 \text{ kg}$.

et $R_B = R_A + F$

donc $R_B = 600 + 400 = 1000 \text{ kg}$.

La charnière B va avoir à supporter une tonne, le support de cette charnière et sa fixation sur le tableau arrière doivent donc être particulièrement solides.

Si l'aiguillot B est en acier inox Ø 10 mm, sa section sera de $s = \pi \cdot R^2$ donc $s = 80 \text{ mm}^2$.

L'effort (effort tranchant) sera :

$$\sigma = \frac{R_B}{s} = 12 \text{ kg/mm}^2$$

La limite d'élasticité de l'inox étant supérieure à 60 kg/mm^2 , on a correctement dimensionné l'aiguillot, puisque l'effort sera cinq fois moins important que l'effort maximum admissible.

C'est du côté du moment fléchissant que nous allons avoir plus de problèmes. Le moment fléchissant sera maximum sur la section B.

$MF = F \cdot L_2$ (prenons toutes les longueurs en millimètres).

$$MF = 400 \times 900 = 360\,000 \text{ kg/mm}$$

(ou 360 kg/m)

L'effort se calcule par la formule suivante :

$$\sigma = \frac{6 \cdot M \cdot F}{l \cdot e \cdot e}$$

l = largeur de la section

$l = 200 \text{ mm}$.

e = épaisseur de la section

$e = 60 \text{ mm}$.

Nous trouvons $\sigma = 3 \text{ kg/mm}^2$.

Ce qui est admissible, mais tout juste.

Si nous avons pris une épaisseur moitié moindre, $e = 30 \text{ mm}$, l'effort aurait été de 12 kg/mm^2 , et le gouvernail aurait eu toutes les chances de casser. La limite de rupture du contre-plaqué CTBX étant en effet de l'ordre de 4 kg/mm^2 .

Si l'épaisseur du gouvernail n'est pas suffisante pour supporter le moment fléchissant, on peut renforcer le contre-plaqué par du roving de verre imprégné de polyester, sur toute la partie où le moment fléchissant dépasse la valeur admissible.

Il convient de prendre toujours un coefficient de sécurité de $\times 2$, entre l'effort admissible et l'effort de rupture.

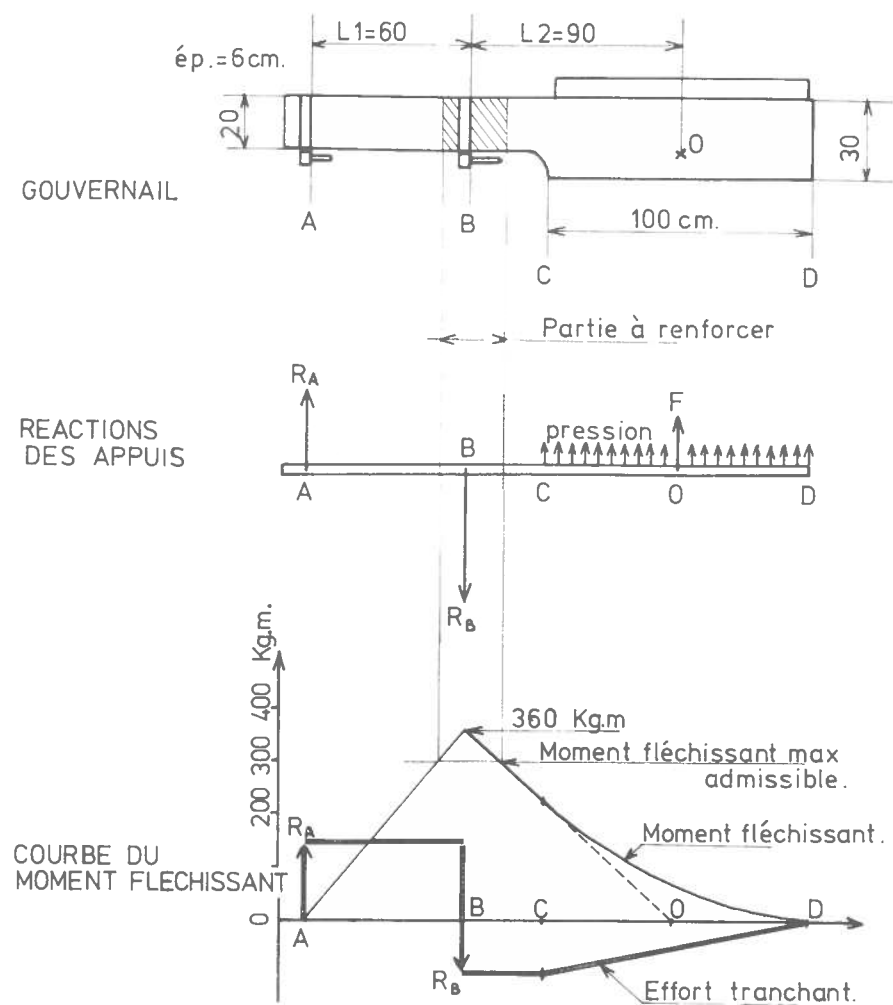


Fig. 43. - REPARTITION DES EFFORTS SUR LE GOUVERNAIL

LA FABRICATION DE LA GIROUETTE

Il existe deux types de girouettes très différents : la girouette à axe vertical, très simple à construire, très robuste, et la girouette à axe presque horizontal, dont la construction demande deux à trois fois plus de temps, mais qui donne au PA un fonctionnement bien meilleur. Ne voulant pas vous forcer la main dans votre choix, je préfère décrire la construction de ces deux systèmes.

Girouette à axe vertical

Le support

La position de l'axe vertical de la girouette doit être déterminée avec précision. Dans le cas d'un bateau à voûte, la commande de girouette n'a pas

besoin d'être inversible, l'axe de la girouette doit être en arrière du tableau, à une distance égale à 1,5 fois l'entre-axe du safran et du fletner (distance de l'axe du safran à l'axe du fletner que nous appellerons EX) (fig. 44). La girouette doit être décalée sur un bord, d'une distance au moins égale à EX.

Pour un bateau à gouvernail extérieur, le PA pourra être utilisé avec ampli safran-fletner, ou direct sans ampli, la commande devra donc être inversible (bielle placée sur l'avant de la girouette, ou sur l'arrière). La girouette doit être sur l'arrière du tableau, à une distance égale à la moitié de EX, décalée le plus loin possible sur le côté.

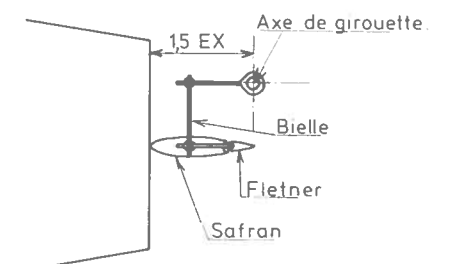
Les deux paliers de la girouette devront être le plus possible écartés l'un de l'autre, le palier du bas sera boulonné sur le pont et le palier du haut supporté par le balcon ou par un support très solide (contre-plaqué de 15 mm) (fig. 45).

Il faut que l'axe de la girouette soit bien vertical, et que les paliers soient parfaitement horizontaux. Chaque palier est prolongé par une plaquette en plastique solidement boulonnée et percée d'un trou permettant le passage du tube de girouette, avec un ou deux millimètres de jeu (fig. 46). Le tube pourra être en inox ou en alu AG4-AG5, de 25 à 35 mm de diamètre. Lors du choix du diamètre du tube, par exemple 30 mm, vous devez vous assurer que vous pouvez trouver un outil (mèche ou fraise) permettant de percer des trous du même diamètre 30 mm (pour l'embranchement), et un autre pour des trous d'un diamètre légèrement supérieur, 32 mm (pour les plaquettes).

La girouette

Le tube sera surmonté d'une plaque horizontale soudée, collée ou boulonnée, qui peut être en métal, en bois ou en plastique (il m'est même arrivé d'utiliser une ferrure de balai). Un bouchon de bois dur sera enfoncé de un ou deux centimètres à la partie basse. La girouette repose sur une bille de verre (que l'on peut trouver dans tous les magasins de jouets).

BATEAU A VOÛTE
COMMANDE NON INVERSIBLE



BATEAU A GOUVERNAIL EXTERIEUR
COMMANDE INVERSIBLE

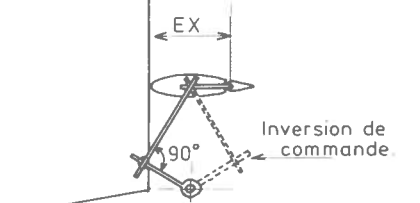


Fig. 44
POSITION DE L'AXE DE GIROUETTE

(vue de dessus)

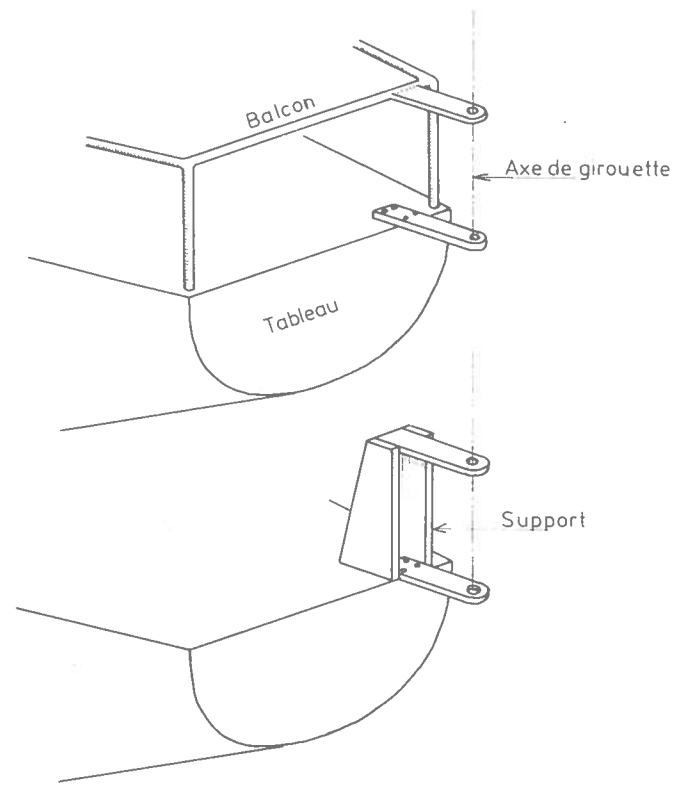


Fig. 45. - Palier de girouette.

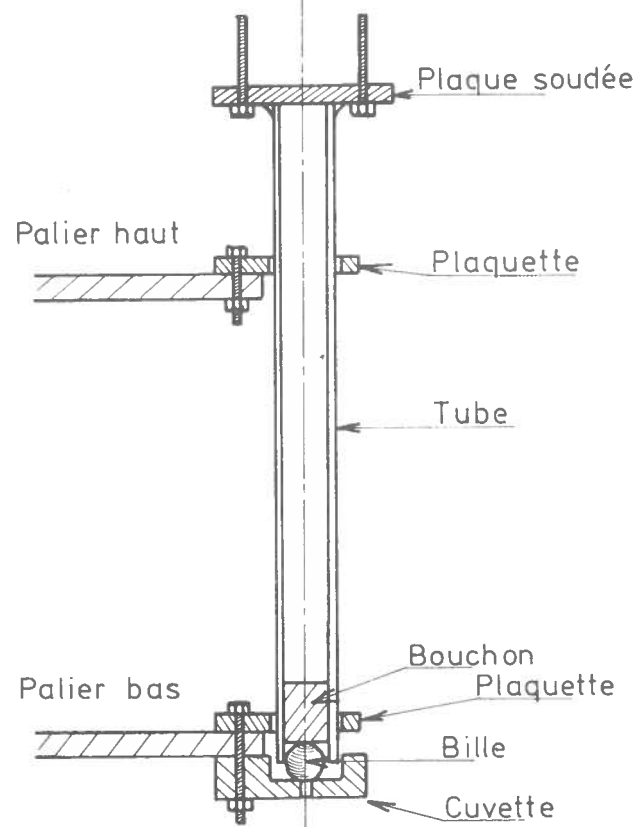


Fig. 46. - Paliers et tube de Girouette. (en coupe)

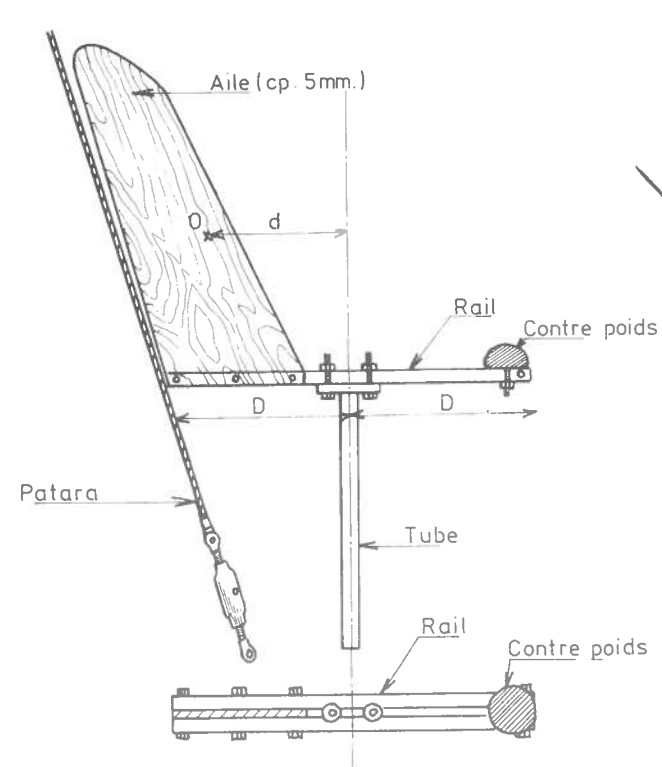


Fig. 47. - Forme de l'aile en fonction du patara.

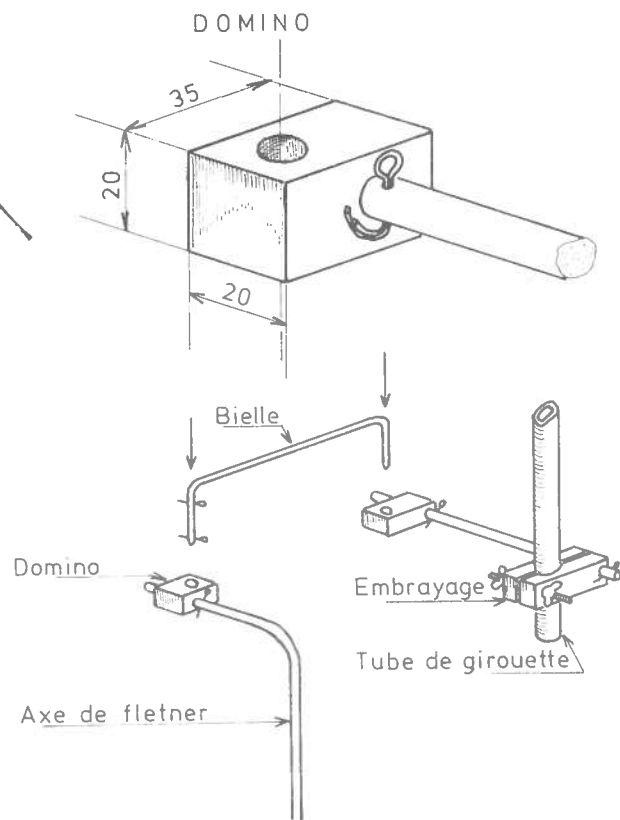


Fig. 48. - Transmission girouette-fletner.

Ce procédé très simple, permet de diminuer les frottements presque aussi bien que des roulements à billes.

L'aile sera en contre-plaqué de 5 à 6 mm, sa base étant serrée et boulonnée entre deux rails en tube carré d'alou ou en carré de bois léger (sapin) de 30 x 30 ou 40 x 40.

Les rails sont boulonnés en leur milieu sur la plaque, ou directement sur le tube. La longueur des rails doit être la plus grande possible, elle est en général limitée par la présence des pataras : on prendra donc cette longueur égale au double de la distance (fig. 47) du pataras à l'axe de la girouette, moins quelques centimètres. L'inclinaison du bord de fuite de l'aile doit être telle que la girouette puisse tourner en passant à 2 ou 3 cm du pataras.

L'aile doit être haute et étroite (allongement de 2,5 à 3,5). Sa surface peut être déterminée grossièrement par la formule du $S \times d$. La surface de l'aile multiplié par le "d" (fig. 47) égale à peu près 300 fois le $S \times d$ du fletner.

Le contre-poids placé à l'autre bout des rails doit équilibrer parfaitement la girouette (j'insiste sur le "parfaitement"); le système de rails permet justement en déplaçant légèrement le contre-poids de parfaire cet équilibre.

La transmission girouette-fletner

Sur la barre du fletner on placera un domino (voir encadré sur le domino) à

égale distance des axes du fletner et du safran (fig. 48). Sur le tube de la girouette on mettra l'embrayage à la même hauteur que la barre du fletner. Il existe une multitude de systèmes différents pour l'embrayage : la vis serrant le tube, le disque à 72 trous, la roue dentée et vis, sans fin, la roue dentée et verrou, le cylindre avec câble faisant un tour mort, etc. Celui que je vous propose est basé sur le principe des mâchoires serrant le tube de girouette (le meilleur est certainement la roue dentée et vis sans fin, mais c'est quand même difficile à fabriquer). Dans un bloc de plastique épais (30 ou 40 mm, ou 2 fois 20 mm), on perce un trou du même diamètre que le tube, puis, dans le sens de l'épaisseur un trou $\varnothing 8,5$ d'un côté et un autre $\varnothing 6,5$ de l'autre, enfin, on scie le bloc en deux (fig. 49).

La barre $\varnothing 8$ (ou $\varnothing 10$) traverse l'embrayage d'un côté avec une rondelle et une goupille à chaque bout, et un boulon $\varnothing 6$ traverse l'embrayage de l'autre côté. En serrant plus ou moins le boulon, on peut régler de façon très précise la pression des mâchoires sur le tube.

Il doit pouvoir être possible, en prenant l'embrayage d'une main, et le tube de l'autre, de les faire tourner l'un par rapport à l'autre, sans exercer un gros effort, mais le frottement doit être suffisant pour qu'en fonctionnement l'embrayage ne puisse pas tourner par rapport au tube. En pratique c'est très facile. Ce système qui est le plus simple à réaliser a de nombreux avantages : il permet un réglage continu et précis de l'angle de la girouette, il n'abime pas le tube, il permet un démontage immédiat de l'ensemble girouette, et constitue une véritable sécurité puisqu'un choc violent sur la girouette fera patiner l'embrayage, empêchant ainsi que ce choc ne se transmette aux autres éléments du PA.

Au bout de la barre de l'embrayage, on placera un autre domino, les deux dominos seront reliés par une bielle. Cette bielle sera goupillée sur l'un des deux dominos pour ne pas risquer de tomber à l'eau. Pour mettre en marche le PA, il suffit de poser la bielle, et pour l'arrêter de retirer la bielle.

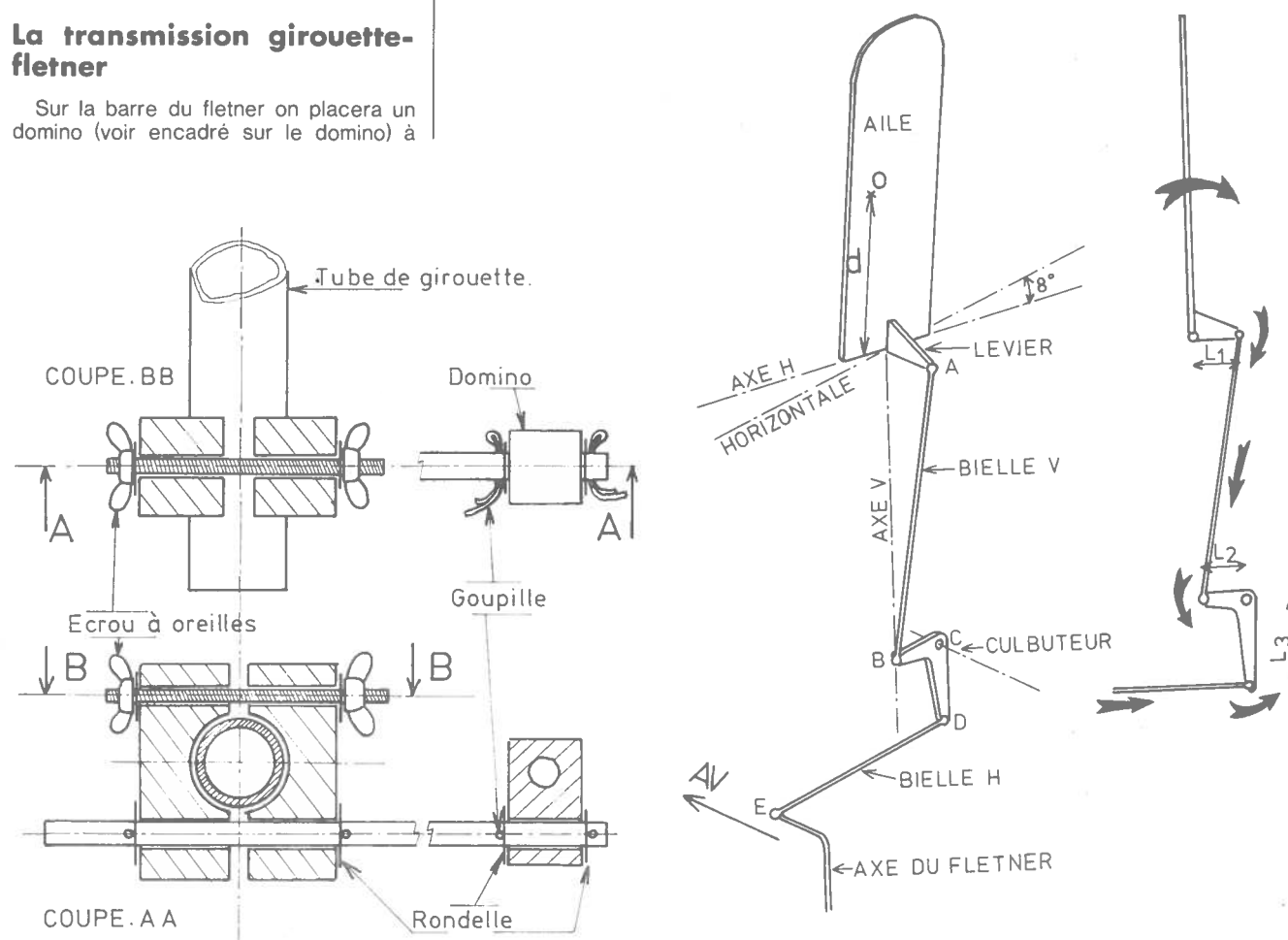


Fig. 49. - Embrayage.

Fig. 50. - Transmission du mouvement de la girouette.

La girouette à axe presque horizontal

La transmission

Le mode de fonctionnement est le suivant : pour orienter la girouette dans le sens du vent, on la fait tourner par rapport à un axe vertical (axe V, fig. 50). Une fois orientée, l'aile de la girouette peut basculer sous la force du vent par rapport à un axe penché à 8° sur l'horizontale (Axe H). On doit donc pouvoir transmettre ce mouvement de bascule au fletner quelle que soit l'orientation par rapport à l'axe V. Pour cela, l'aile est munie sur un côté d'un petit levier qui appuie ou tire sur une bielle V. Le point de liaison du levier et de la bielle V (point A), doit être exactement à la même hauteur que l'axe H quand l'aile est verticale. Le mouvement de bascule de l'aile a donc été transformé en un mouvement de translation verticale de la bielle V. La bielle V fait basculer un culbuteur qui actionnera une bielle H suivant un mouvement de translation horizontale, cette bielle H étant liée de manière classique à la barre du fletner. Le point B liaison entre la bielle V et le culbuteur doit être rigoureusement sur l'axe V de rotation de la girouette, de façon à ce que les différents mouvements soient indépendants de l'orientation initiale. La bielle H

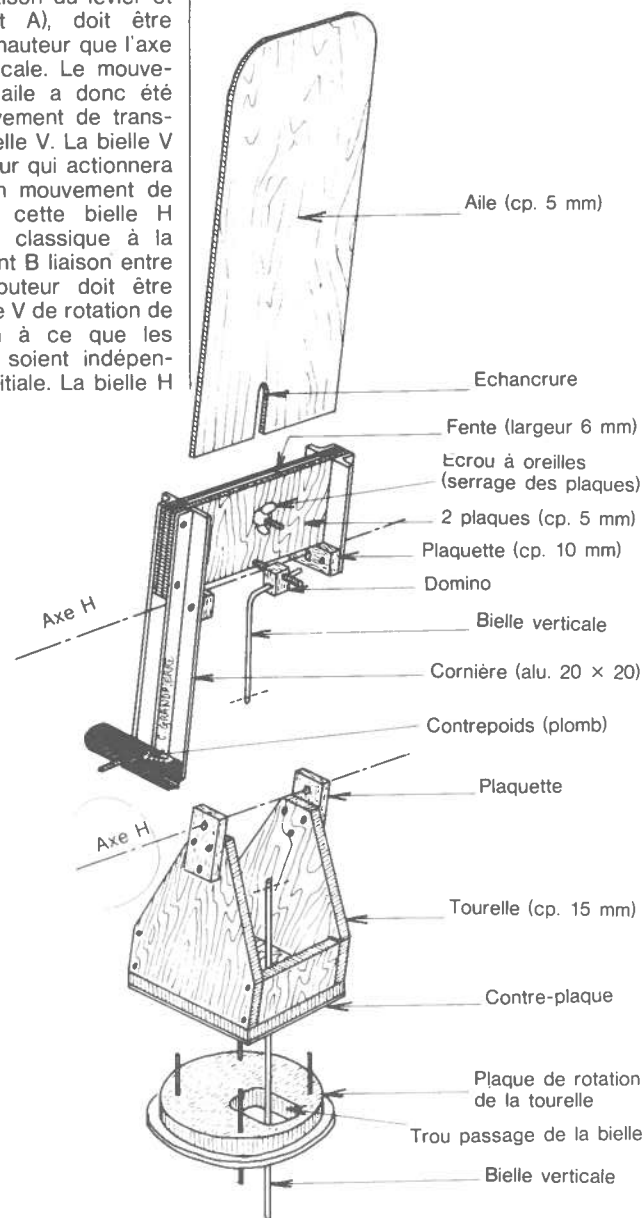


Fig. 51 - Girouette et tourelle

doit être à peu près horizontale et parallèle au tableau. Le point D doit donc être à l'arrière du tableau d'une distance de EX/2.

La longueur L1 du levier doit être de 3 à 5 cm, la longueur L2 du culbuteur est fixée par la taille du support, la distance entre les axes du fletner et du safran étant EX, la hauteur L3 du culbuteur est

donnée approximativement par la formule :

$$L3 = 0,6 \frac{EX \cdot L2}{L1}$$

Dans le cas d'un bateau à voûte, avec donc une commande non inversible, le levier et la tige horizontale du culbuteur doivent être en sens inverse, lorsqu'on oriente la girouette vers l'avant du bateau (vent debout) (fig. 50). Pour pouvoir inverser le mouvement du bateau à gouvernail extérieur, il faut placer un levier de chaque côté de l'aile, et brancher la bielle V sur l'un ou l'autre selon le mode de fonctionnement du PA.

Tout cela fait beaucoup de conditions à remplir, et il n'est pas possible, sous peine d'échec certain, de fabriquer cette girouette sans avoir au préalable fait un plan précis et coté.

La girouette (fig. 51 et 53)

Par son principe même cette aile de girouette est haute et étroite, donc à très bon rendement ; elle peut avoir une largeur constante, ou être plus large en haut qu'en bas, le choix étant plus d'ordre esthétique que technique. La surface sera estimée comme la précédente girouette par son $S \times d$ (le d étant pris entre le point d'application de la force de l'axe H (fig. 50) si la largeur est constante, le d sera donc la moitié de la hauteur de l'aile).

$S \times d$ de l'aile sera égal grosso modo à 200 fois le $S \times d$ du fletner. Il peut être intéressant de faire une seconde aile un peu plus petite pour le gros temps, sans toucher au contre-poids.

Le bas de l'aile est pris en sandwich entre deux plaques de contre-plaqué de 5 mm, écartées de l'épaisseur de l'aile. Un boulon permet le serrage des deux plaques, donc le verrouillage de l'aile. En avant ou en arrière des deux plaques de contre-plaqué, des cornières en alu (ou en carré de bois léger) vont supporter les deux plaquettes de nylon ; les cornières de l'avant sont plus longues pour supporter le contre-poids. Celui-ci doit être réglé de manière à ce que l'aile se tienne verticalement, c'est-à-dire que le centre de gravité de l'ensemble soit très légèrement au-dessous de l'axe H. La tige filetée qui sert de levier doit être au-dessus de l'axe H, d'une hauteur égale à l'entraxe du domino, ainsi la partie horizontale de la bielle V sera exactement à la même hauteur que l'axe H quand la girouette est verticale.

La tourelle (fig. 51 et 53)

La tourelle est penchée du même angle que l'aile, 8 degrés (en fait entre 7 et 10°) et comme cet angle est difficile à mesurer, nous dirons plutôt que la pente est de l'ordre de 15 %, la contre-plaque est horizontale.

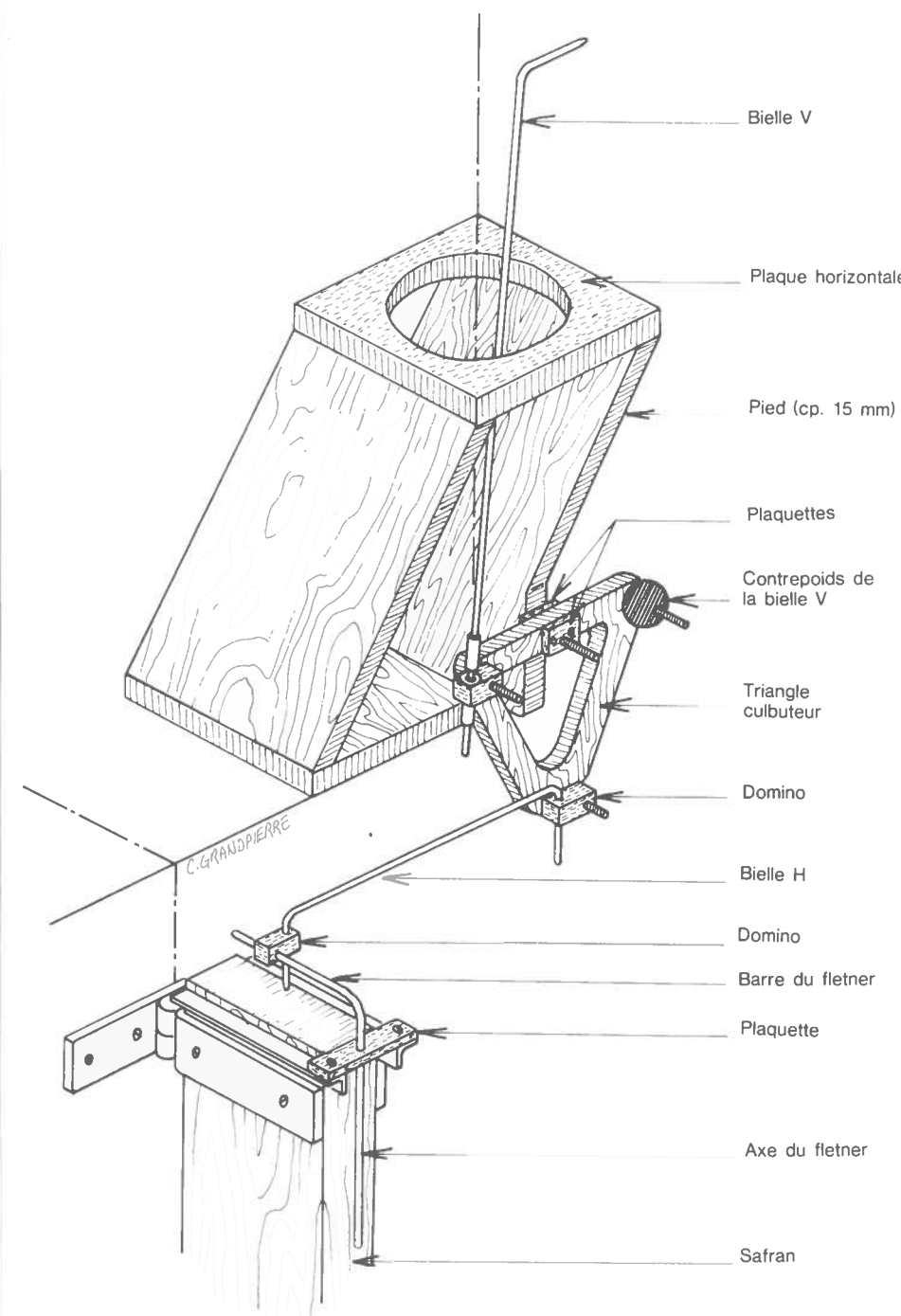


Fig. 52 - Support et culbuteur.

Les plaquettes de la girouette doivent se trouver en face des plaquettes de la tourelle, le jeu longitudinal doit être d'au moins 3 ou 4 mm. Un axe en alu ou inox diam. 8 traverse les quatre plaquettes, on peut mettre une rondelle entre les plaquettes pour qu'elles ne frottent pas l'une contre l'autre. La girouette doit pouvoir basculer de 60 à 70° de chaque côté, ni moins, ni plus, on peut donc être amené à mettre une butée pour empêcher la girouette de basculer plus (fig. 54).

La tourelle doit être solidement construite puisque son poids est sans importance, elle peut être par exemple en contre-plaqué de 15 mm, mais la partie inférieure qui va permettre la rotation ne doit pas être en contre-plaqué, car il ne faut pas soumettre le bois à des frottements. Les trois disques seront donc en un plastique quelconque ou en alu. Le disque du milieu (plaque de rotation) sera bien circulaire, d'un diamètre de 12 à 20 cm, d'une épaisseur de 10 à 20 mm. Les deux disques prenant en sandwich la plaque de rotation auront un diamètre un peu supérieur (20 mm de plus), l'épaisseur n'a pas grande importance, et ils n'auront pas besoin d'être parfaitement circulaires, puisqu'à la limite, le disque du haut peut même être carré (fig. 51).

Les trois disques seront boulonnés à la tourelle par 4 (ou plus) boulons munis d'écrous à oreilles, qui permettent de régler le serrage des disques.

L'ensemble des trois disques et de la plaque de base de la tourelle est percé d'un trou permettant très largement le passage de la bielle V, quelle que soit l'inclinaison de la girouette. Si la girouette n'a de levier que d'un côté, il suffit de faire le trou de ce côté, mais si elle a un levier de chaque côté pour l'inversion de mouvement, le trou devra être beaucoup plus grand, pour permettre le passage de la bielle quel que soit le levier sur laquelle elle est placée.

Le support (fig. 52 et 53)

Il doit également être très solide, par exemple en contre-plaqué de 15 mm, avec des goussets raidisseurs un peu partout, car il doit résister au choc d'un équipier maladroit qui glisse sur le pont. Sa plaque de tête horizontale ne doit pas être en contre-plaqué, pour les mêmes raisons que la plaque de rotation de la tourelle. Elle doit avoir la même épaisseur que la plaque de rotation, et être percée d'un trou bien circulaire, d'un diamètre à peine supérieur à celui de la plaque de rotation. Pour réaliser ce trou circulaire ainsi que la plaque de rotation, on peut utiliser une scie sauteuse, une scie cloche rotative, ou un tour. On peut très bien faire les deux dans la même plaque, le jeu entre les deux sera l'épaisseur de la scie. La figure 53 montre comment la tourelle doit être montée sur le support ; lorsque les

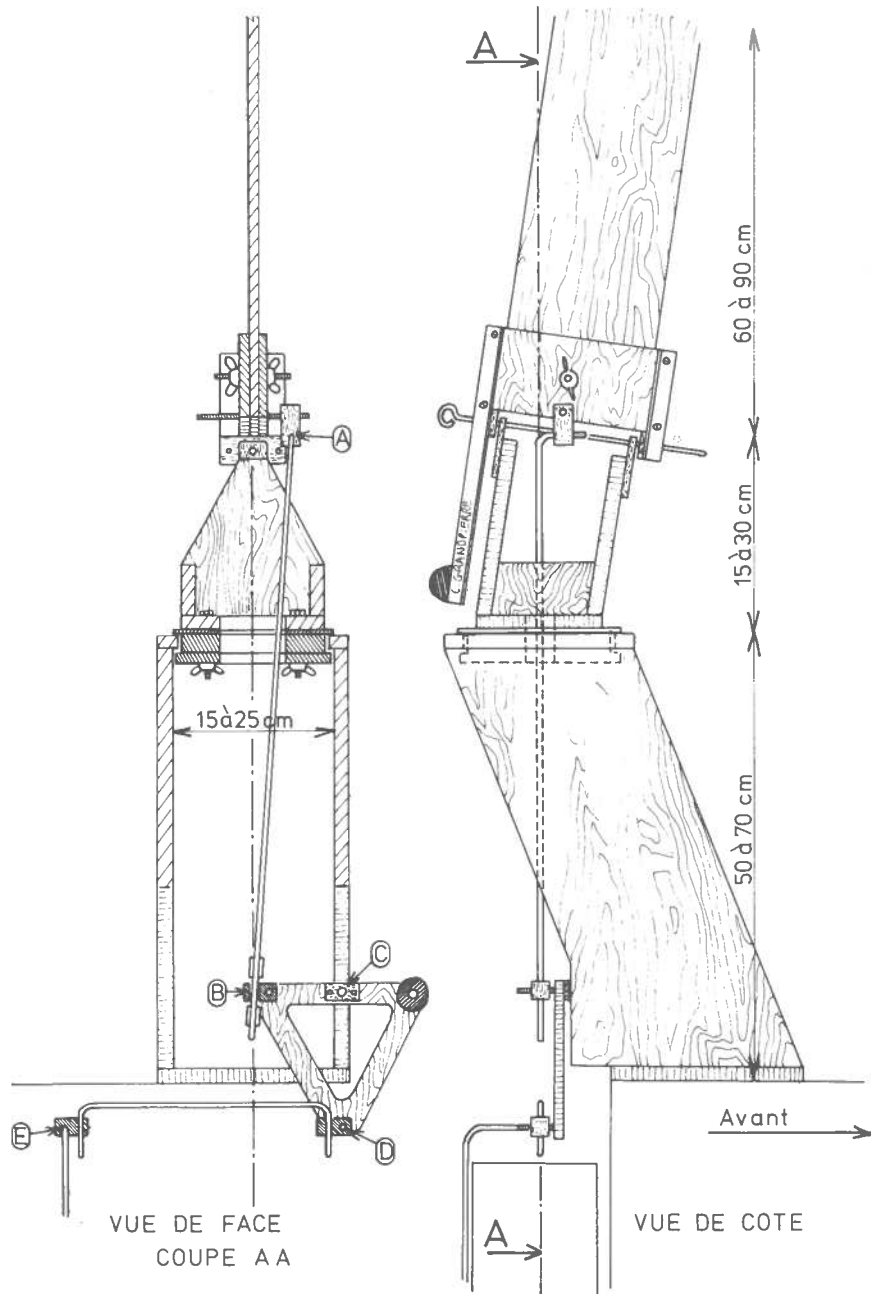


Fig. 53

boulons sont desserrés, la tourelle doit pouvoir tourner librement. On serre les boulons jusqu'à ce que le frottement soit tel que la tourelle ne puisse pas tourner toute seule, mais qu'on puisse la tourner à la main sans trop forcer (le principe est le même que celui de l'embrayage de la girouette V).

Sur le pied extérieur on fixera une tige filetée de diam. 8 démontable (le fait de la mettre sur le pied extérieur donne une bielle H plus longue, ce qui est meilleur) à une hauteur judicieusement choisie (de façon que le point D soit à la même hauteur que le point E).

Le culbuteur (fig. 52 et 53)

Je vous propose deux manières de faire le culbuteur : si on est très sûr de ses plans, on peut le faire en contre-plaqué, avec deux plaquettes au point C (fig. 53), dans le cas contraire, si on veut pouvoir régler *a posteriori* toutes les longueurs on peut le faire en tiges filetées (fig. 57). Si le culbuteur en bois (ou en plastique) est plus léger, plus solide et plus esthétique, le culbuteur en tiges filetées évite quand même de se casser la tête, et donne des résultats plus sûrs.

Dans tous les cas, il faut un contre-poids qui permettra d'équilibrer l'ensemble Domino A - bielle V - culbuteur. Si cet ensemble n'était pas équilibré, la girouette aurait tendance à pencher d'un côté. Les liaisons B et D sont représentées avec un domino unique sur les figures 52, 53 et 55 et avec un domino double ou rotule sur la figure 57 cette dernière solution si elle est plus longue à réaliser (6 ou 7 dominos au lieu de 4 ou 5 en tout) est certainement la meilleure. Ne pas oublier que la bielle V doit passer au point B, exactement sur l'axe de rotation V.

Quand la girouette est terminée, il faut bien vérifier que tout fonctionne sans frottements, il faut aussi bien régler les longueurs des deux bielles pour que lorsque la girouette est verticale, le culbuteur soit bien droit (longueur de la bielle V) et l'ensemble safran-fletner bien dans l'axe du bateau (longueur de la bielle H).

Le domino

C'est l'élément de base de toute la transmission. Fabriquer à partir d'une plaque de 20 mm d'épaisseur, un parallépipède rectangle 20 x 20 x 35, et le percer de deux trous perpendiculaires qui ne se rencontrent pas (fig. 15). Le diamètre des trous doit avoir 5/10^e de millimètre de plus que les tiges qui vont passer par ces trous (sauf certaines exceptions). La tige doit pouvoir jouer longitudinalement d'un millimètre. Le domino permet à deux tiges perpendiculaires (ou presque) de jouer suivant deux axes de rotation.

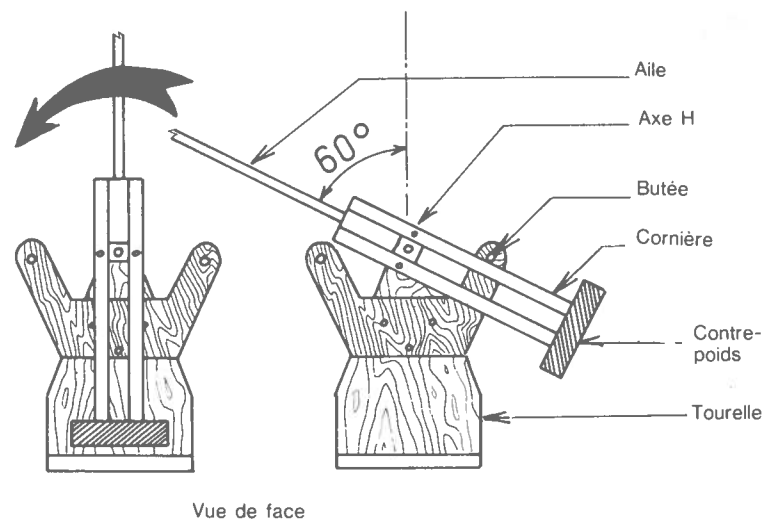


Fig. 54 - Limiteur de basculement de l'aile.

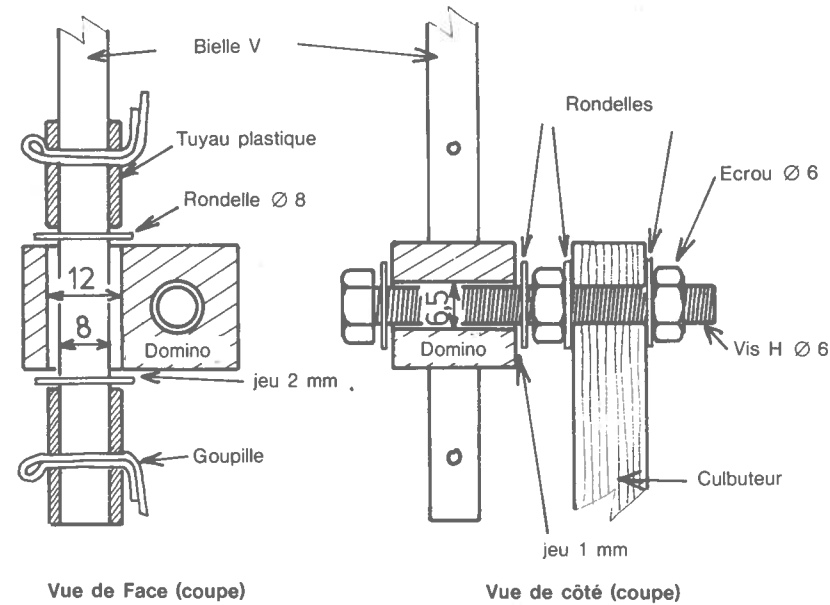


Fig. 55 - Détail de la liaison Bielle V - Culbuteur.

Si les deux tiges doivent jouer suivant trois axes de rotation, c'est-à-dire en rotule, on peut associer deux dominos (fig. 56), ou bien donner un jeu important si cela peut suffire (fig. 55). La rotule est nécessaire dans les cas suivants : girouettes H et V liaison D ou liaison embrayage-bielle si l'axe du fletner n'est pas vertical. Et liaison B si l'angle de la bielle V avec l'axe V n'est pas très petit. Les tiges ayant des diamètres standard, par exemple diam. 8 pour toutes les tiges alu et diam. 6 pour les boulons, les dominos auront également des dimensions standard, on peut donc en fabriquer quelques-uns de plus et les conserver comme pièces de rechange.

Le contre-poids

On peut mesurer de façon approximative le poids à donner au contre-poids. On prendra des chutes de plomb d'un poids supérieur d'environ 20 % puis on les fait fondre dans une casserole sur le gaz. On coule le plomb fondu dans une louche de cuisine en acier, en plantant immédiatement après la tête d'une vis dans le plomb encore liquide. On laisse refroidir quelques secondes en maintenant la vis (avec une pince pour ne pas se brûler) bien verticale. Quand le plomb a durci, le passer sous l'eau froide, il se démoule tout seul. Le contre-poids ainsi réalisé a une forme de portion de sphère très esthétique, il est en plus facile à boulonner. Si le poids est trop important, il faut régler la position du contre-poids, ou mieux, limer la partie plane pour retirer de la matière. Le plomb se peint très bien avec les peintures ordinaires.

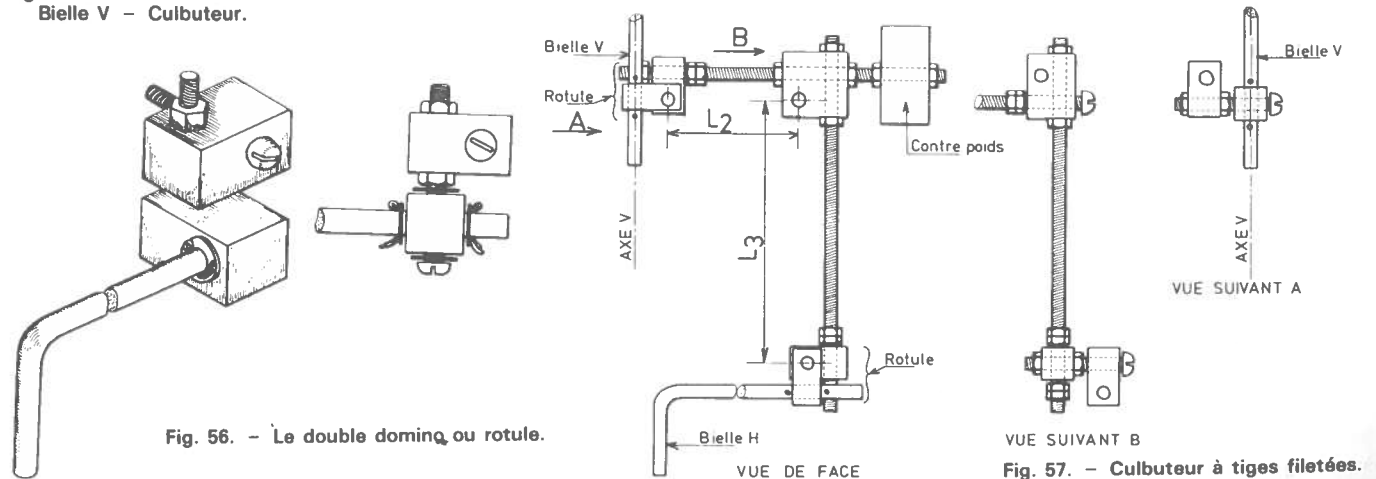


Fig. 56. - Le double domino ou rotule.

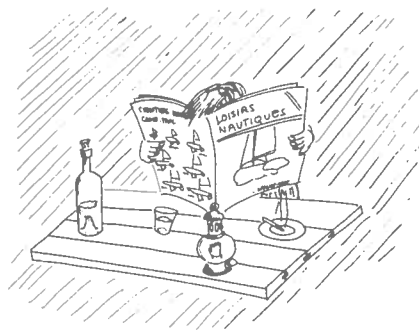
Fig. 57. - Culbuteur à tiges filetées.

PHILOSOPHIE DE LA CONSTRUCTION

Si la lecture de cet article vous a persuadé de construire votre PA, ce n'est pas le PA de Cyril Grandpierre que vous devez construire, c'est le vôtre, fruit de vos idées, de votre imagination, non de la mienne. Il ne faut pas suivre exactement les chiffres que je vous ai donnés, ni les solutions que je vous ai proposées; je ne me sens pas le droit d'affirmer que tel ou tel procédé est le meilleur, je peux seulement vous donner les conseils qui vous aideront et vous permettront de réussir votre PA; je peux mettre douze ans d'expérience de la construction des PA à votre service, je ne peux pas le concevoir pour vous. C'est la raison pour laquelle j'ai plus essayé d'expliquer comment cela fonctionne, que comment il faut le fabriquer.

Lorsque vous aurez terminé votre PA, comparez-le avec les modèles que l'on peut acheter dans le commerce, vous constaterez d'abord qu'il vous est revenu cinq à dix fois moins cher, et qu'ensuite, si le PA du commerce ressemble à la mécanique horlogère, le vôtre est plutôt de la mécanique agricole. N'en soyez pas triste, ils marcheront pratiquement aussi bien l'un que l'autre, et la mécanique agricole a de gros avantages: solidité et sûreté de marche, et surtout, il faut toujours penser à la casse, vous pourrez le réparer sans difficulté.

De longues croisières en solitaire m'ont appris qu'un PA doit pouvoir être démonté très rapidement sans clef ni



2. - La documentation.

tournevis. Il faut être capable de réparer son PA en mer, car il vaut mieux perdre quelques heures à bricoler, que de passer des jours et des nuits à la barre, de très fameux navigateurs solitaires l'ont appris à leurs dépens. Dans le même ordre d'idée, partant du principe qu'on peut toujours réparer à bord une tringle cassée, mais qu'on est en général démuni devant une diode grillée, et il y a de célèbres exemples, je préfère le bon vieux PA mécanique aux merveilleux PA électroniques.

Mode d'emploi

Le bateau étant en route, voilure réglée en orientation et en surface (il ne faut pas surcharger de toile le bateau) on peut mettre en marche le PA.

Manipulation de la girouette

Girouette V - la girouette s'oriente toute seule dans le lit du vent. Tourner à la main l'embrayage vers l'avant, et rendre solidaire la bielle H de la barre du fletner. La barre du fletner doit alors se trouver bien dans l'axe du bateau. Girouette H - Orienter la tourelle dans le sens du vent, l'aile doit alors être verticale. Rendre solidaire la bielle H de la barre du fletner.

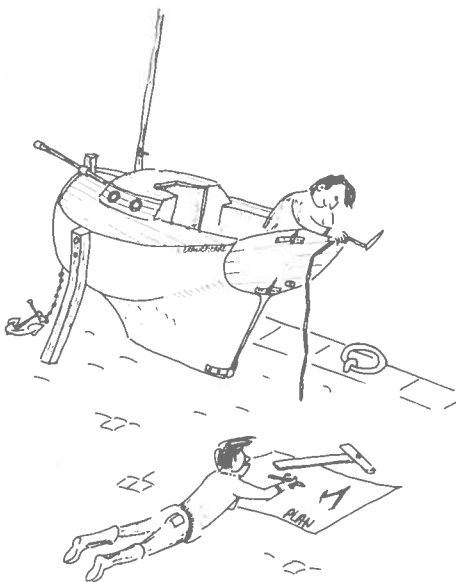
Bateau à voûte

- 1° faire la manipulation de la girouette.
- 2° Bloquer la barre. (On peut avoir un système de blocage par drosses, mais un système rigide est quand même préférable).

- 3° Régler la position de la barre pour équilibrer le bateau. Le réglage est correct, lorsque la position moyenne de la girouette est verticale, ou avec une girouette V, lorsque la position moyenne du safran-fletner est dans l'axe du bateau. On règle donc le cap du bateau par la girouette, et le fonctionnement du PA par la barre, ou inversement.

Bateau à gouvernail extérieur avec ampli safran-fletner

Le gouvernail sera donc laissé barre libre.



3. - La conception.

- 1° Faire la manipulation de la girouette.
- 2° Régler de façon précise l'orientation de l'embrayage, ou de la tourelle. Le réglage est correct lorsque le cap moyen suivi est celui recherché. Comme on ne dispose pas de moyen d'équilibrer artificiellement le bateau, le réglage de la voilure est primordial.

Bateau à gouvernail extérieur sans ampli

- 1° Bloquer la barre de façon rigide, dans l'axe du bateau, ou mieux, dans la position moyenne que vous deviez lui donner pour suivre le cap choisi.
- 2° Faire la manipulation de la girouette, sans oublier que la transmission doit être inversée; girouette V embrayage vers l'arrière. Girouette H, bielle V branchée sur le levier symétrique.
- 3° Identique au 3° du bateau à voûte.

En fait, pour utiliser un PA il faut d'abord bien comprendre son fonctionnement, bien voir dans quel sens chaque partie doit tourner et pourquoi.

La première fois que vous essaieriez votre PA, vous serez très étonné de constater qu'il ne marche pas. C'est parce que faire fonctionner un PA est un art, qu'il faut apprendre sur le tas. Le premier jour, après quelques heures d'essais et de réglages, vous obtiendrez des résultats assez douteux; après quelques jours, il vous faudra dix minutes pour le régler, et à la fin de la saison, dix secondes tout au plus.

Surtout ne vous découragez pas au début, prenez votre temps et essayez tous les réglages. Trop de gens après quelques essais infructueux se lassent en pensant que dans les conditions où il se trouve, le PA ne peut pas marcher. Un bon PA marche dans toutes les conditions entre force 2 et force 8.

Et si le vent tourne ?

Combien de fois ai-je entendu cette petite remarque perfide! D'abord (sauf en Méditerranée), le vent ne tourne pas souvent, il m'est arrivé de nombreuses fois de traverser la Manche sans pratiquement avoir à toucher ni aux voiles, ni au PA; et même une fois la traversée du golfe de Gascogne, sous spi, 72 heures sans rien toucher, que mes casseroles et mon sextant.

Ensuite, lorsque le vent tourne, il faut bien régler la voilure, on passera donc quelques secondes de plus pour régler aussi le PA.

« Et si le vent tourne pendant que vous dormez ? »

Tous les vrais marins savent que si le vent tourne, on se réveille presque instantanément, c'est ce qu'on appelle le sens marin.

« Et si vous dormez pendant la nuit, vous n'avez pas peur qu'un autre bateau vous aborde ? »



4. - La récupération des matériaux

Justement si, et ce n'est plus le plaisancier qui va répondre, c'est le professionnel des grands navires:

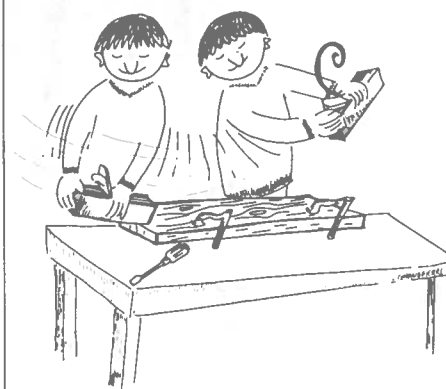
Un petit voilier n'a pas une chance sur cent d'être aperçu de nuit par un navire, que ce soit à vue ou au radar. Donc un solitaire ne doit jamais dormir la nuit dans une zone de passage, et un équipage réduit doit toujours laisser quelqu'un de quart sur le pont, c'est une règle absolue qu'on ne peut transgresser sous peine de mort, car le navire ne s'apercevra jamais qu'il a transformé votre embarcation en bois d'allumettes.

Les dangers de la navigation sous PA

Le PA est une machine aveugle et idiote, il faut donc la surveiller. On peut régulièrement vérifier le cap du bateau sur un compas inversé au-dessus de la couchette, on peut aussi placer une faveur que l'on apercevra au travers d'un hublot, et surveiller ainsi la direction du vent par rapport au bateau, ou bien jeter un œil de temps en temps sur l'aile de la girouette qui, par ses mouvements renseigne parfaitement sur le fonctionnement du PA (c'est la raison pour laquelle on peint souvent l'aile de girouette en rouge). Une bêtise du PA n'a en fait aucun caractère de gravité (à part lorsque l'on navigue sous spi), en trois secondes il peut être débranché, et la barre reprise en main plus intelligemment.

Le PA ne sait pas barrer à la lame, donc par coup de vent violent on doit barrer à la main et ranger à l'intérieur du bateau l'aile de la girouette qui n'est pas conçue pour résister à 50 nœuds vent. Par force un ou moins, on devra également barrer à la main, car le PA a besoin de vent et de vitesse pour fonctionner.

Revenons au problème des abordages en mer. On peut repérer un bateau au radar dans les conditions suivantes: bateau métallique, ou muni de réflecteurs radar (deux de préférence), mer plate, côte proche. Dès qu'il y a quelques vagues, le minuscule petit écho de votre bateau se perd dans la masse des échos des vagues; loin des côtes, les grands navires branchent leur radar sur longue distance et l'écho de votre bateau devient trop petit pour être aperçu; et si vous ne mettez pas de réflecteur radar, il n'y a pas d'écho du tout. Il y a toujours au moins un officier de quart sur la passerelle d'un grand navire, il n'y a souvent pas d'homme de barre, ces bateaux marchant toujours sous PA, mais l'officier de quart ne passe pas son temps à scruter l'horizon, ou l'écran cathodique de son radar, il fait le point, allume une cigarette, prend une tasse de café ou bavarde, etc. Or, un porte-conteneurs moderne file à 25 nœuds. Avec une visibilité moyenne de cinq milles, il est sur vous en dou-

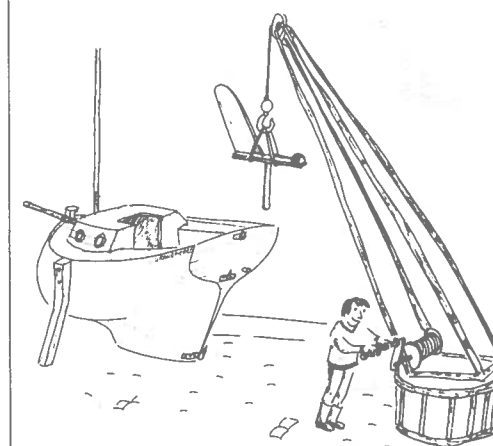


5. - La fabrication (le geste auguste du bricoleur).

ze minutes, il faut bien dix minutes pour manœuvrer de façon à l'éviter, et ne comptez pas qu'il se dérouta pour vous. Votre PA est capable de barrer à votre place, il n'est pas capable de faire la veille pour vous.

Si vous voulez faire du solitaire en cabotage, il faut compléter votre PA par un compas inversé au-dessus de la couchette et un compte-minutes de cuisine pour être sûr, si on s'endort de jour, de ne pas dormir plus d'une heure; sans oublier non plus que, quoi qu'en pense E. Tabarly, à mon avis, le harnais est l'élément numéro un de la sécurité.

Le solitaire en cabotage, qui est la forme de plaisance la plus passionnante et la plus enrichissante, peut être un sport dangereux, si les précautions de sécurité sont oubliées.



6. - La pose.