

# Transmission hors-bord de moteur marin

CA11 : Analyse et conception des systèmes	CA2 : Analyse du comportement des systèmes invariants continus	CA3 : Résistance des matériaux
CA4 : Sécurité et combinatoire	CA5 : Fabrication des pièces mécaniques	CA6 : Spécifications et contrôle

## I. Présentation

### A. Mise en situation

#### 1. Généralités

La transmission hors-bord forme un bloc compact, suspendu à une embase qui est montée sur le tableau arrière du bateau. Elle peut être pivotée latéralement avec une barre de direction du côté intérieur de l'embase et basculée dans le sens vertical par un dispositif de relevage électromécanique commandé. Les pièces extérieures sont en matériaux anticorrosifs et la transmission comporte des électrodes de zinc destinées à la protéger contre la corrosion provoquée par les couples galvaniques.

L'admission d'eau de refroidissement du moteur se fait par deux prises d'eau sur la transmission. L'eau de refroidissement et les gaz d'échappement sont évacués à travers l'embase et la transmission par des canaux traités avec une couleur spéciale de protection. Le moteur est suspendu élastiquement par le carter de volant sur l'embase.

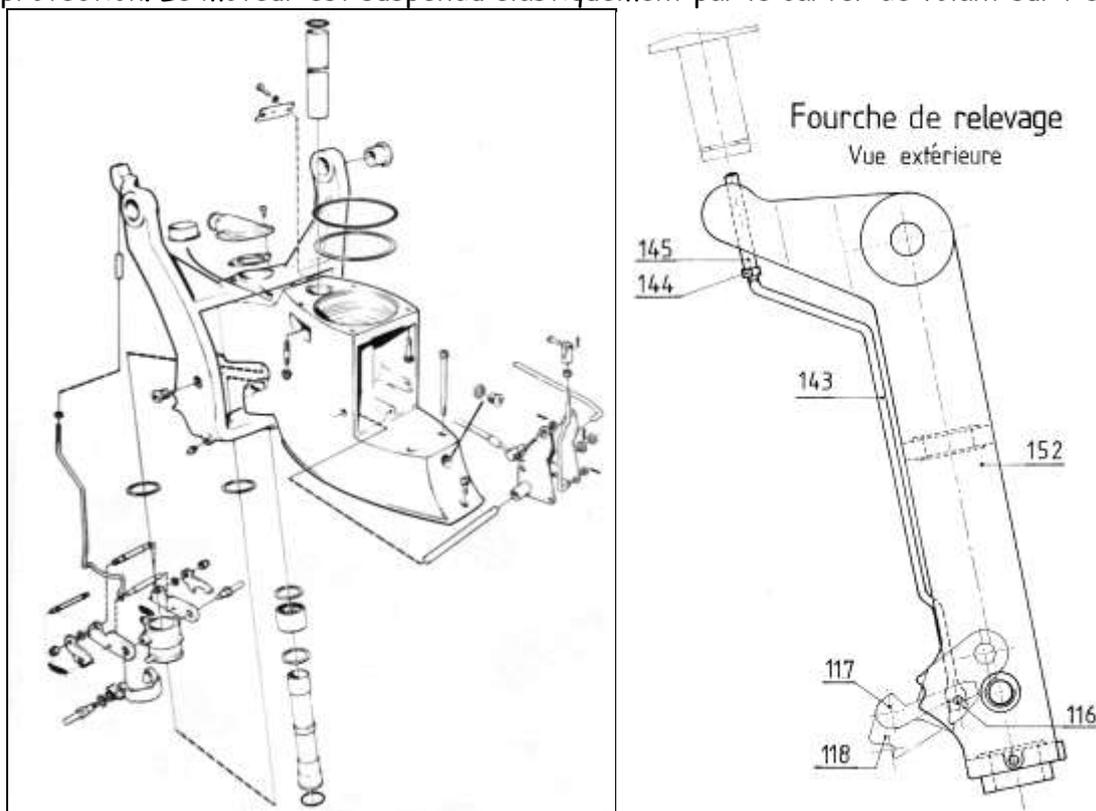


Figure 1 : vues éclatée partielle du carter et de la fourche de relevage-vue extérieure de la fourche de relevage

## 2. Transmission de la puissance motrice

La puissance du moteur à explosion est transmise par l'intermédiaire de l'amortisseur de vibrations (2), de l'arbre horizontal de commande (3) et du joint de cardan double (23). De ce dernier, la force motrice est transmise au pignon de commande (35) qui est en prise constante avec les pignons (45)-(45') de marche avant et de marche arrière. Ces derniers pignons étant montés sur l'arbre vertical supérieur, peuvent tourner indépendamment de cet arbre. Entre les pignons (45)-(45') se trouve un accouplement à cônes qui permet le débrayage et le changement du sens de rotation de l'arbre vertical inférieur (7). Cet arbre est relié à son extrémité inférieure à l'arbre porte-hélice (104) par un couple de renvoi hélicoïdal (85)-(103) à taille hélicoïdale, assurant une marche silencieuse et une conduite continue.

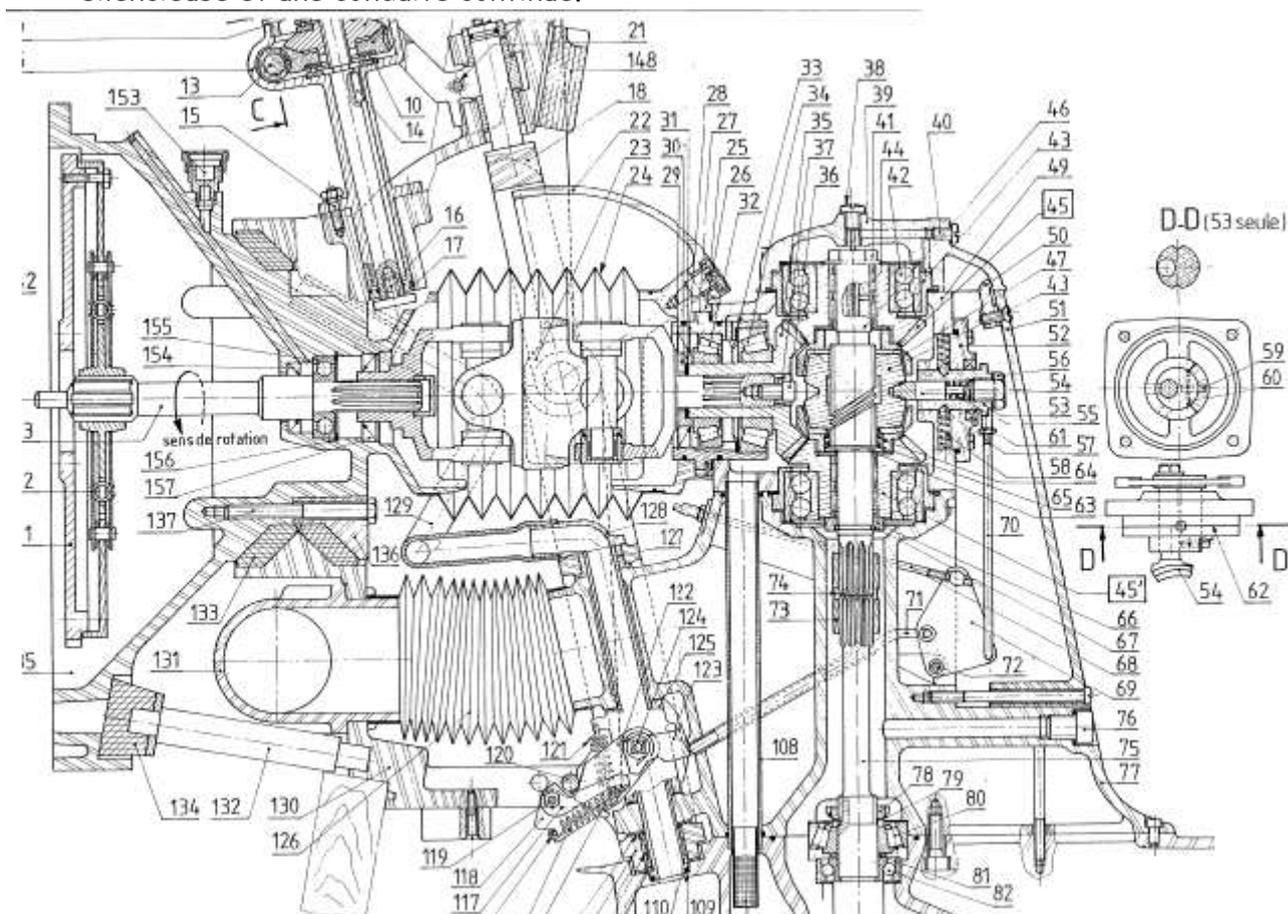


Figure 2

## 3. Manoeuvre

Dans l'espace situé entre les pignons (45)-(45') de marche avant et de marche arrière, l'arbre vertical supérieur porte un filetage le long duquel peut se déplacer le manchon d'accouplement (48) sous l'action du mécanisme de changement (53-54). Le manchon d'accouplement porte à son extrémité supérieure comme à son extrémité inférieure un cône qui, au déplacement du manchon, entre en prise avec les cônes femelles correspondants qui sont vissés à demeure sur les pignons de marche avant et de marche arrière.

La construction brevetée du blocage en marche arrière permet d'obtenir une parfaite sûreté lors d'un relevage inattendu de la transmission en cours de marche avant, lorsqu'elle touche les fonds par exemple.

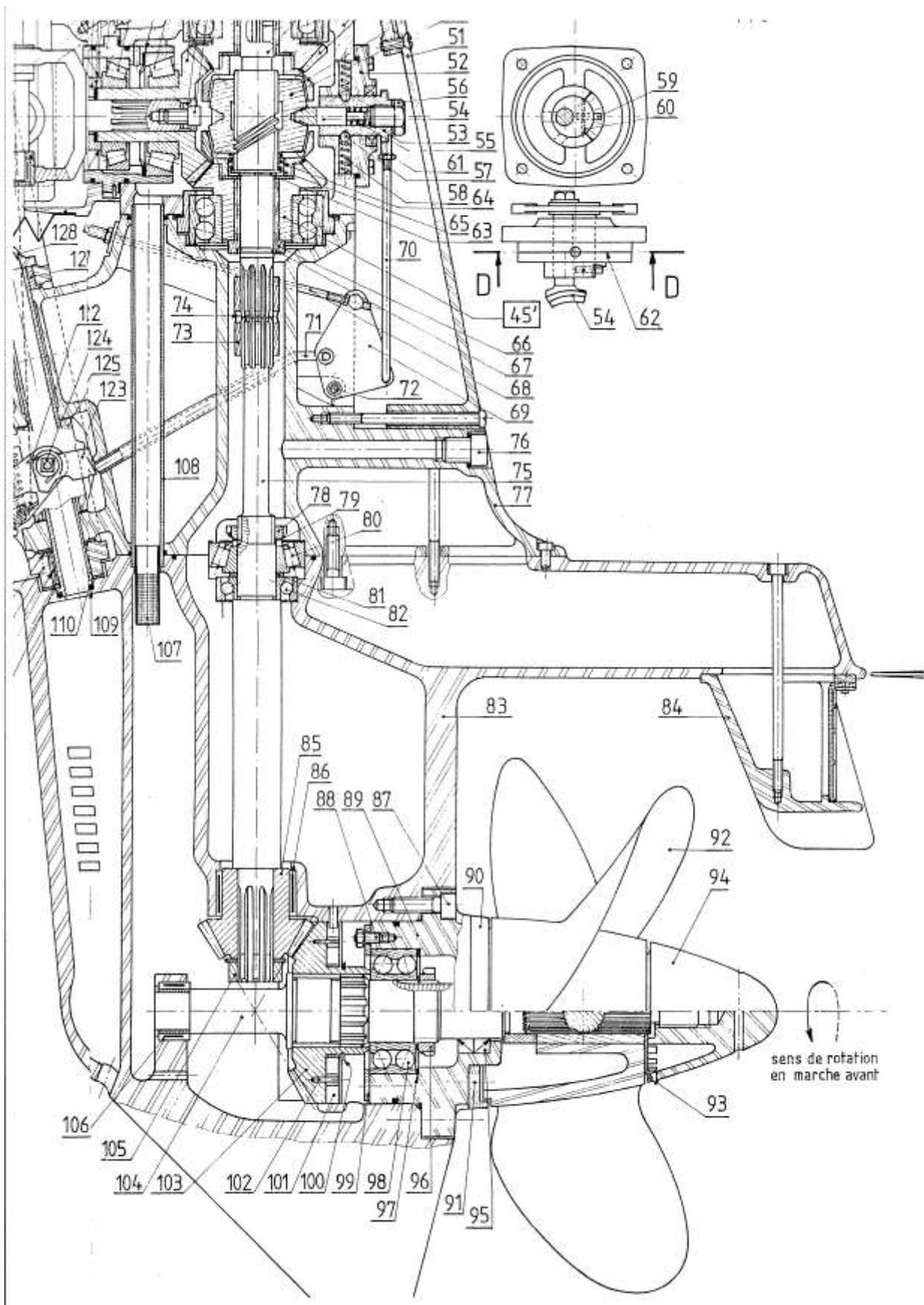


Figure 3 : arbre de sortie-hélice

En cas d'urgence, on peut même faire des manoeuvres rapides de marche arrière, même à une vitesse proche de 15 à 20 noeuds, sans risque de relevage de la transmission.

#### 4. Direction

La transmission des mouvements du volant de direction à la transmission se fait par l'intermédiaire d'une barre de direction (4) disposée intérieurement et fixée sur la fourche de direction (18). Le relèvement de la transmission n'exerce sur cette barre de direction aucun effet. Les bras de la fourche de direction sont reliés à leur extrémité inférieure à un capot de direction (22) qui, à son tour, est vissé à demeure sur le carter supérieur de renvoi de la transmission. L'angle de direction de la transmission est d'environ 30° à partir de la position centrale.

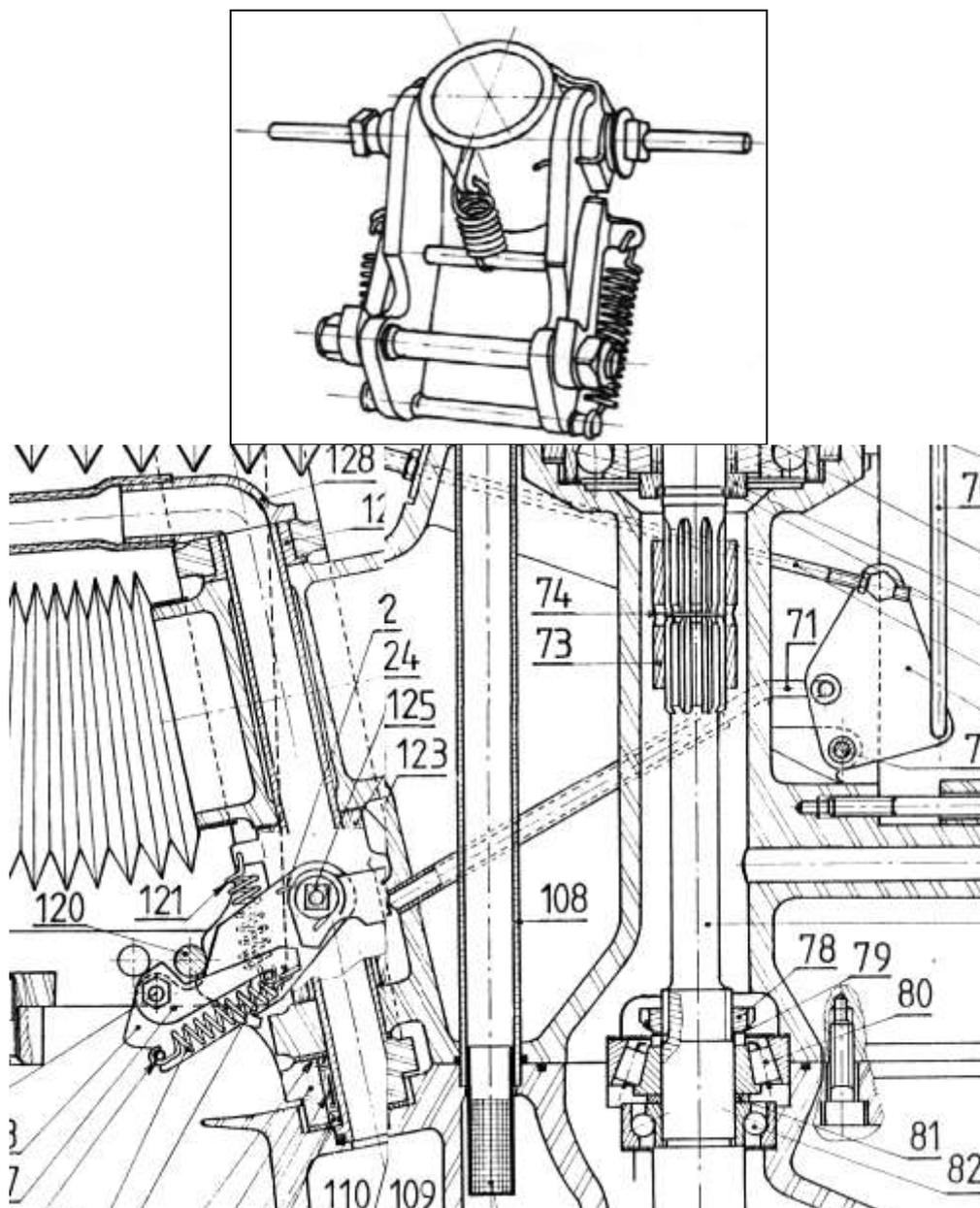
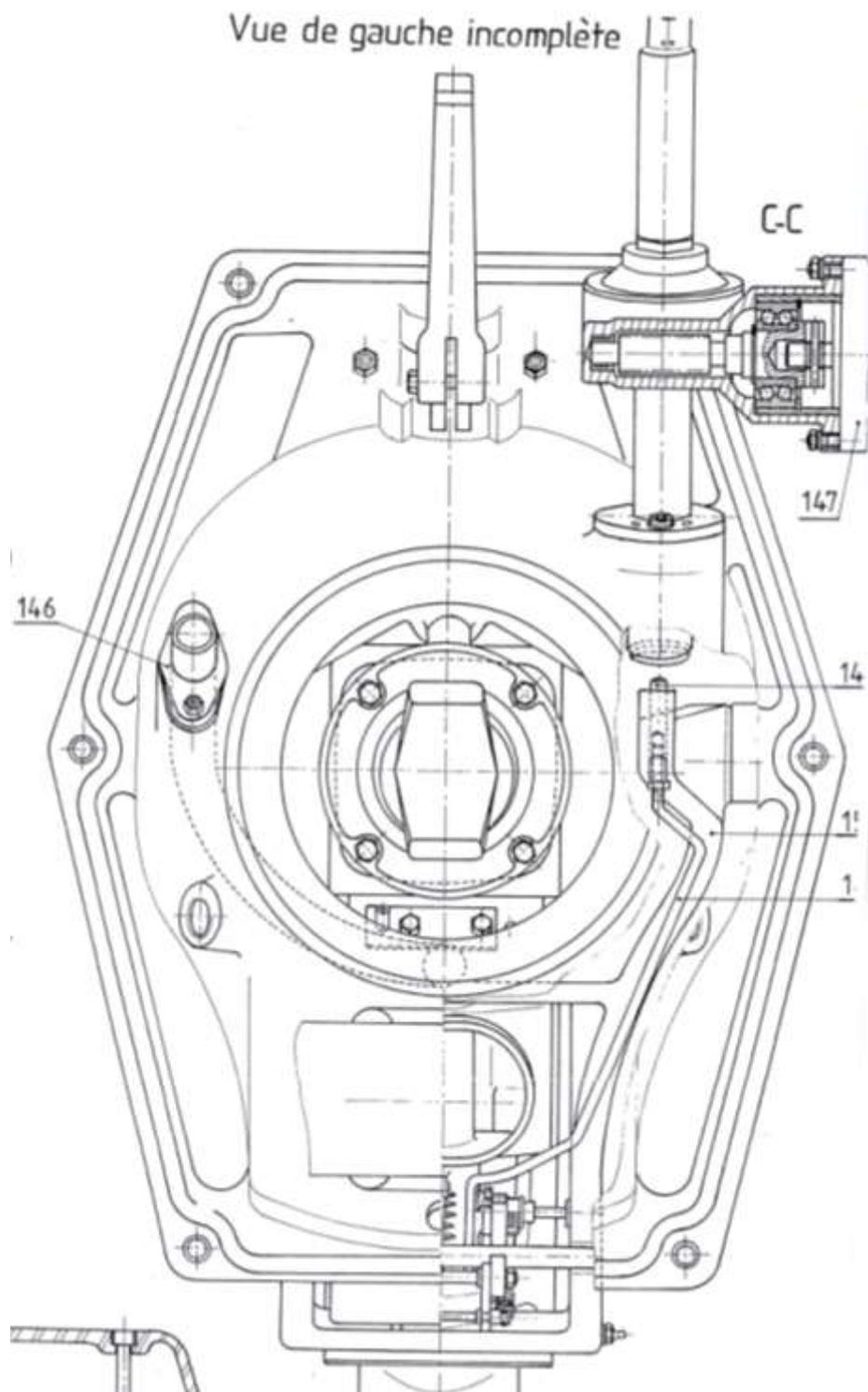


Figure 4 : système de blocage de la marche-arrière

#### 5. Dispositif de relevage

Afin de faciliter le relevage de la transmission, cette dernière est équipée d'un dispositif électromécanique de relevage qui est commandé de la place du pilote. Ce dispositif, à monter sur la face intérieure de l'embase, est constitué par un moteur électrique qui agit sur la fourche de suspension par l'intermédiaire d'un engrenage à vis

sans fin et d'une tige-poussoir (145). Lors d'un relevage de la transmission, cette tige-poussoir commence à libérer le blocage en marche arrière et déplace ensuite la transmission dans la position relevée.



*Figure 5 : vue de gauche*

Le moteur électrique est déclenché automatiquement lorsque la transmission se trouve en position complètement relevée ou complètement rabattue. Au cours d'un relevage, la transmission hors-bord est centrée automatiquement, quelle que soit la position du volant. L'angle maxi de relevage est d'environ  $60^\circ$ . La transmission hors-bord peut rester dans n'importe quelle position relevée, ce qui permet la marche avant avec transmission partiellement relevée et à une vitesse faible pendant de courtes périodes.

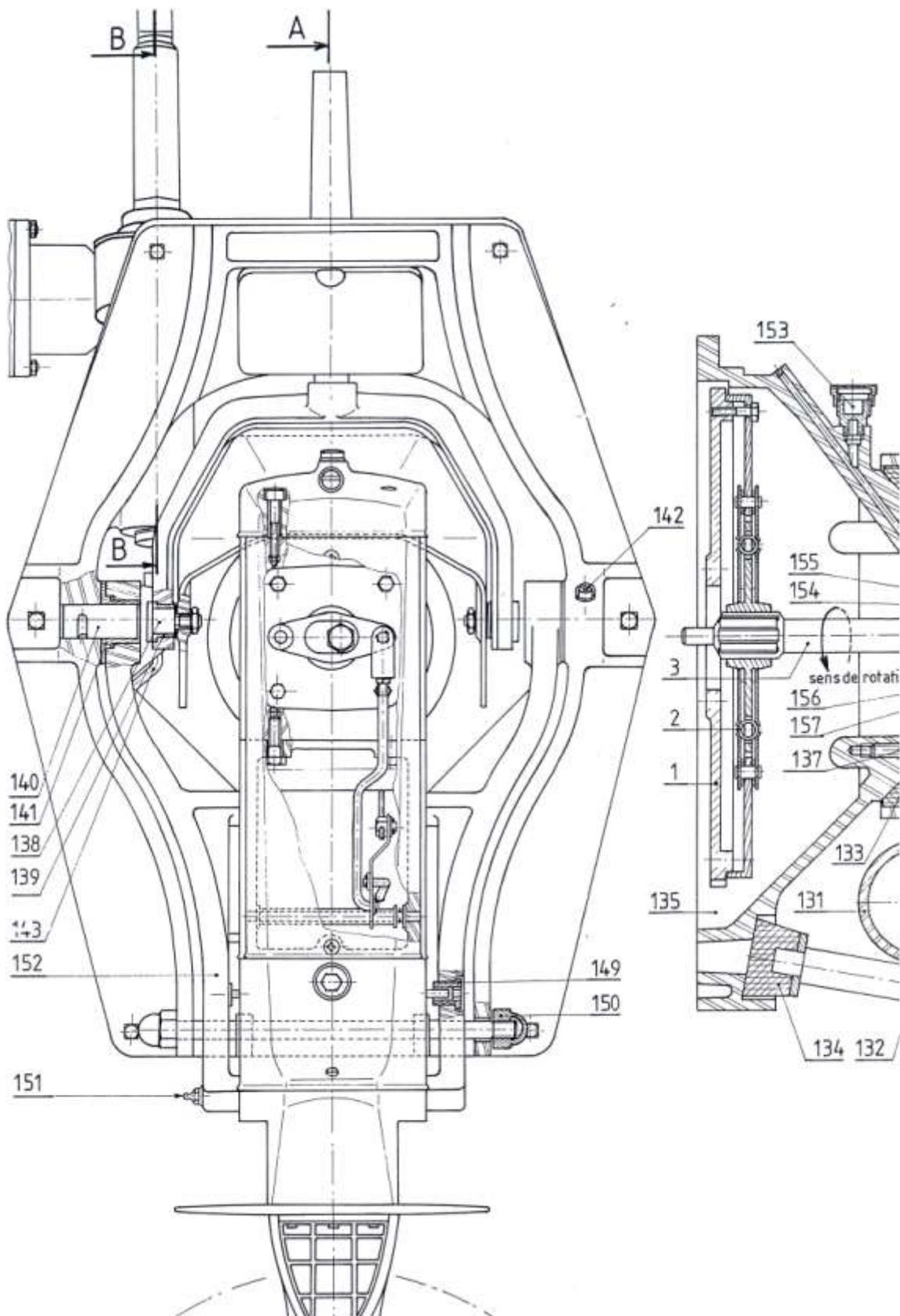


Figure 6 : vue de droite

## 6. Système de graissage

Le compartiment d'huile de graissage est commun au carter supérieur et au carter inférieur de renvoi. La circulation de l'huile vers les différents engrenages et paliers est assurée par une pompe de circulation (101) montée sur le pignon du renvoi inférieur.

L'huile est refroidie par l'eau qui circule dans la partie intérieure de la transmission hors-bord. La jauge servant au contrôle du niveau d'huile est montée dans le bouchon sur le carter supérieur de renvoi. Le joint de cardan double est à graissage permanent et n'exige aucun entretien périodique.

## B. Analyse externe

### 1. Situation du système dans son contexte

---

1. *Présenter le système étudié dans son contexte par un diagramme des interacteurs (diagramme pieuvre).*
2. *Définir et quantifier les fonctions de service(s) et de contrainte(s) identifiées.*

### 2. Bilan des puissances

---

3. *Décrire le système étudié par un SADT de niveau AO. Indiquer les unités des grandeurs introduites.*

## II. Analyse interne du fonctionnement-Modélisation

### A. Lecture de plan

#### 1. Étude du relevage et de la direction de la transmission hors-bord

---

Parmi les fonctions direction, relevage et transmission de puissance, seules les fonctions direction et relevage font l'objet de l'étude. En conséquence, dans cette partie, tous les composants de transmission de puissance seront supposés exclus.

4. *Expliquer pourquoi il est nécessaire d'adopter un système de blocage en marche arrière.*
5. *Quel est le rôle du joint de cardan double ?*
6. *Compléter la numérotation des pièces*
7. *En précisant les hypothèses faites sur la nature des liaisons, compléter le schéma perspectif minimal correspondant à la position du document I et mettant en évidence les mobilités qui permettent d'assurer les seules fonctions direction et relevage.*

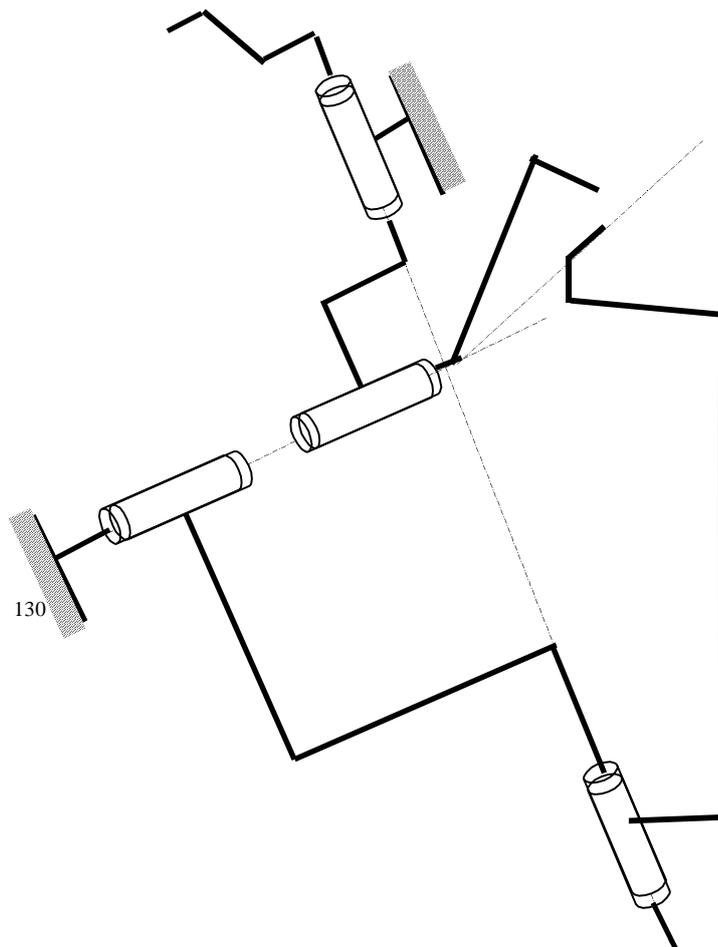


Figure 7 : ébauche du schéma perspectif minimal

8. Vérifier par un calcul succinct l'isostatisme de votre interprétation.
9. Proposer éventuellement d'autres hypothèses pour assurer l'isostatisme.

## 2. Etude de la transmission de puissance

10. Etablir le schéma de la transmission de puissance du moteur à l'hélice. Les sens de rotation de l'arbre moteur et de l'hélice étant imposés en marche avant (document I) indiquer sur votre schéma quel pignon (45) ou (45') transmet la puissance en marche avant.

Dans des conditions technologiques définies, le fonctionnement de l'inverseur de marche impose une inclinaison  $\beta$  des filets de la vis comprise entre deux limites.

11. Justifier l'existence de ces limites.
12. Calculer numériquement les deux valeurs limites de  $\beta$  (figure-4). Adopter pour tous coefficients de frottement  $f = 0,07$  ; supposer le filet carré.

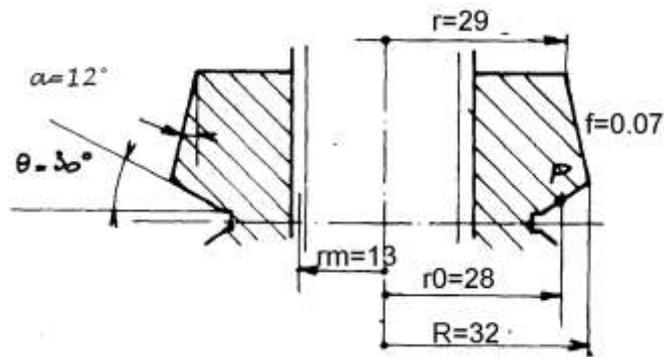


Figure 8

On note respectivement :  $C$  le couple transmis,  $F$  l'effort presseur,  $\alpha$  le demi angle au sommet des cônes,  $R$  et  $r$  les rayons maxi et mini des surfaces coniques,  $M$  le moment résistant sur la vis,  $P$  le point de contact du doigt sur l'écrou et  $\theta$  l'angle formé par la normale en  $P$  à la surface de contact avec l'axe de rotation.

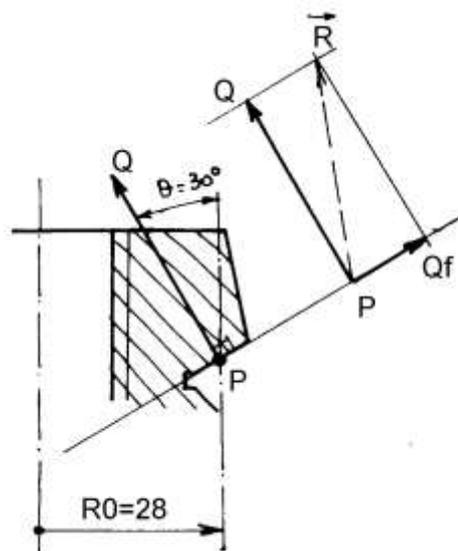


Figure 9

$R$  étant la résultante des actions du doigt sur l'écrou baladeur,  $Q$  et  $Qf$  sont les projections de  $R$  sur la normale et le plan tangent en  $P$  à la surface de contact.

### 3. Etude du verrouillage de la partie relevable (Documents I, Nomenclature, III, V)

Cette partie relevable peut être :

- en marche avant:

- verrouillée sur la broche (120);
- déverrouillée temporairement par un effort accidentel;
- déverrouillée et relevée partiellement pour navigation en eaux peu profondes.

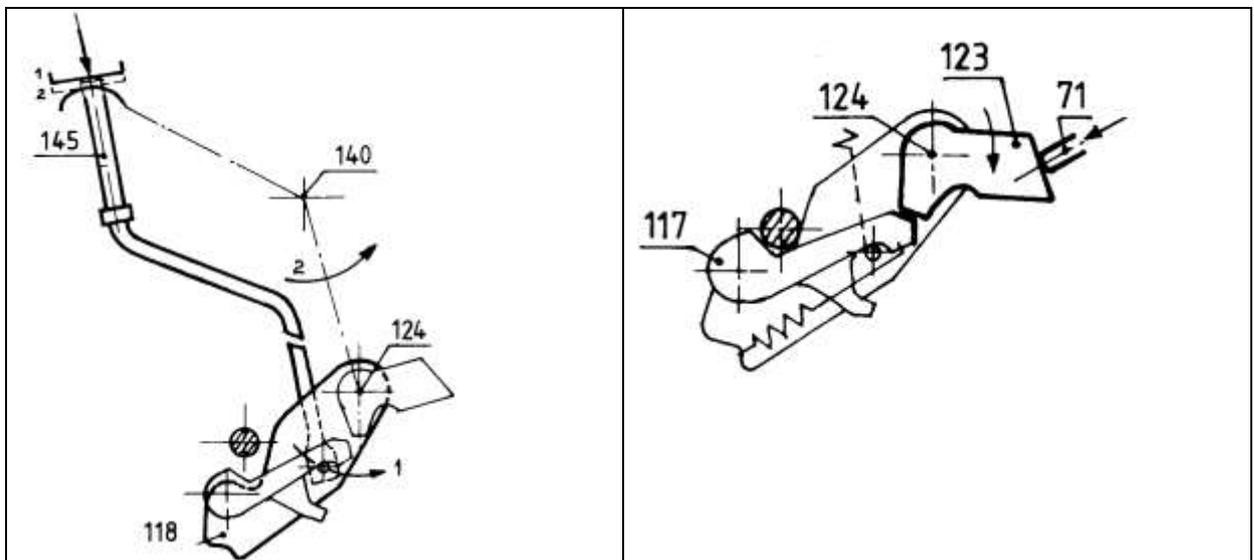
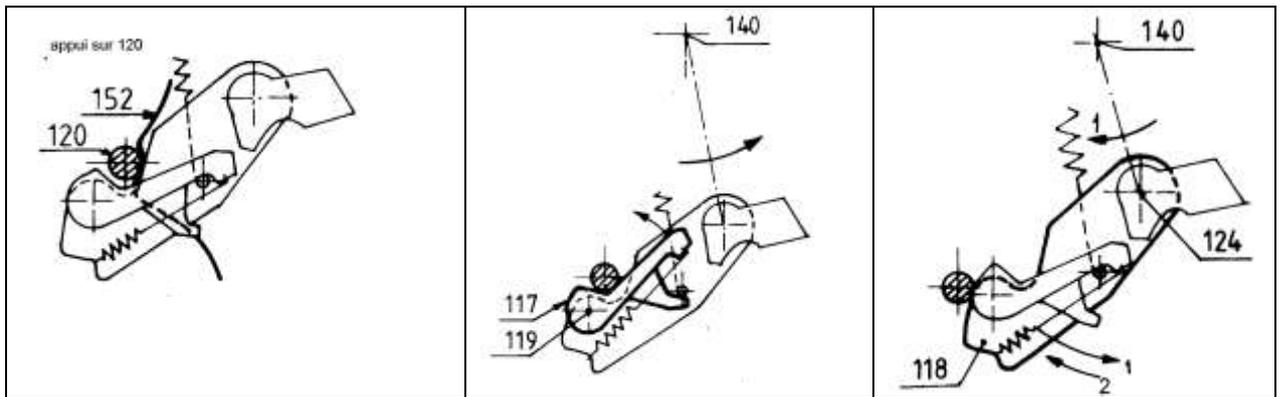
- en marche arrière

verrouillée en permanence sur la broche (120).

- à l'arrêt

déverrouillée et relevée.

13. A partir des schémas ci-dessous, retrouver les dispositions constructives de ces situations et les transitions de l'une à l'autre.



## B. Modélisation

### 1. Arbre d'entrée

14. Proposer une modélisation de l'ensemble {5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17} qui permet de déterminer le degré d'hyperstatisme de cette chaîne.

### 2. CAO

15. Proposer une modélisation 3D du doigt d'inversion (54).

## III. Fabrication

### A. Procédé-Matériaux

L'arbre (3) est en acier faiblement allié.

*16. Proposer trois couples de matériaux/procédés pour cette pièce ; pour chaque couple proposé, indiquer les avantages et les inconvénients dans un tableau. Indiquer le couple matériau/procédé retenu par le constructeur et donner une désignation du matériau retenu.*

### B. Usinage

On s'intéresse à la réalisation des cannelures permettant l'entraînement de la fourche du joint de cardan.

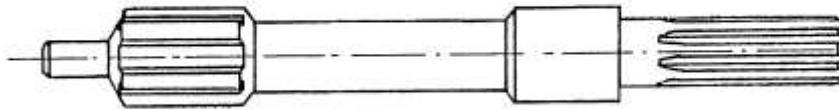
*17. Dans la partie haute de la figure-6, dessiner une mise en position isostatique de la pièce permettant la réalisation de cette phase d'usinage.*

*18. Dessiner ensuite la géométrie et les trajectoires des outils utilisés.*

*19. Dans la partie basse de la figure-6, indiquer la désignation des opérations, des outils (nom et matériau) et l'ordre de grandeur des conditions de coupe pour chaque outil.*

<b>ÉTUDE DE FABRICATION</b> Phase xx	Référence document : xxx	<b>BUREAU DES MÉTHODES</b>	1/1
Élément :	Programme : xxx		
Sous ensemble : xxx	Matière :		
Ensemble :	Brut :		
Désignation :			
Machine-Outil :			

*Dessin*  
(les deux surfaces à réaliser sont en traits forts)



**Tableau**

Désignation des opérations	Nom outil et matériau	$v_c$	f ou $f_z$	$a_p$	$a_r$	$a_a$

$v_c$  : Vitesse de coupe (m/min)       $a_p$  : Profondeur de passe en tournage (mm)  
 $f$  : Avance par tour (mm/tr)       $a_a$  : Profondeur de passe axiale en fraisage (mm)  
 $f_z$  : Avance par dent (mm/dent)       $a_r$  : Profondeur de passe radiale en fraisage (mm)

**Figure 10**

NOMENCLATURE

TRANSMISSION HORS-BORD

1	1	Volant moteur	40	1	Bouchon de purge	79	1	Rondelle frein	118	2	Levier
2	1	Amortisseur de vibrations	41	1	Écrou de butée	80	1	Roulement SKF 31305	119	1	Axe de crochet
3	1	Arbre de commande	42	2	Roulement SKF 3209	81	1	Entretoise	120	1	Broche
4	1	Barre de direction	43	2	Boîte à roulement	82	1	Roulement SKF 6205 B	121	1	Ressort de levier
5	1	Carter de vérin	44	4	Cage à aiguilles SKF	83	1	Carter inférieur de renvoi	122	2	Ressort d'étrier
6	1	Chapeau de vérin	45 et 45'		Pignons d'inversion	84	1	Dérive	123	1	Étrier de verrouillage
7	1	Vis de vérin	46	1	Arbre vertical supérieur	85	1	Pignon de renvoi	124	2	Axe d'arrêt en rotation
8	1	Fin de course	47	2	Cône femelle	86	1	Cage à aiguilles SKF	125	1	Tube support
9	1	Ressort de vérin	48	1	Écrou baladeur	87	2	Vis CHc, M 10-30	126	1	Soufflet d'échappement
10	2	Butée à billes	49	1	Carter supérieur de renvoi	88	6	Goujon M6 — 12/8T	127	1	Bague
11	1	Écrou de vérin	50	1	Doigt	89	1	Boltier inférieur	128	1	Raccord coudé
12	1	Roue creuse	51	1	Capot arrière	90			129	1	Durite d'eau
13	1	Vis sans fin	52	1	Flasque d'inverseur	91			130	1	Embase
14	1	Clavette de vis de vérin	53	1	Axe d'inversion	92	1	Hélice	131	1	Conduit d'échappement
15	2	Goujon	54	1	Doigt d'inversion	93	1	Rondelle frein	132	1	Jambe de force
16	1	Embout de vis	55	1	Ressort de doigt d'inversion	94	1	Écrou d'hélice	133	2	Joint torique
17	1	Bouchon	56	1	Vis H M 12-15	95	2	Joint d'étanchéité	134	1	Bloc élastique
18	1	Fourche de direction	57	2	Bille de verrouillage point mort	96	1	Écrou SKF	135	1	Cloche
19	2	Bague	58	2	Ressort de point mort	97		Clinquant	136	1-	Flasque
20	1	Graisseur Técalémit	59	1	Goupille de verrouillage	98	1	Roulement SKF 3208	137	6	Vis H.M6 — 90
21	1	Vis H, M6-35	60	1	Goupille d'arrêt	99	1	Plaque de serrage	138	2	Axe de liaison du capot
22	1	Capot de direction	61	1	Bague d'étanchéité	100	1	Circlips	139	2	Bague
23	1	Joint de Cardan double	62	1	File d'arrêt	101	1	Pompe de circulation d'huile	140	2	Axe de fourche de relevage
24	1	Soufflet de Cardan	63	1	Circlips	102	2	Doigt d'entraînement	141	2	Bague
25	1	Vis axe	64	1	Ressort d'écrou baladeur	103	1	Roue de renvoi	142	2	Vis CHc, M6 — 40
26	1	Flasque	65	1	Rondelle appui de ressort	104	1	Arbre porte-hélice	143	1	Tige de décrochage
27	1	Boltier	66	1	Rondelle de butée	105	1	Écrou de pignon de renvoi	144	1	Écrou de réglage
28	1	Joint à lèvres	67	2	Demi-jonc	106	1	Roulement SKF NA 253820	145	1	Poussoir
29	1	Circlips	68	1	Tige de commande	107	1	Crépine	146	1	Embout de durite
30	1	Rondelle de butée	69	1	Étrier d'inversion	108	1	Tube de retour d'huile	147	1	Moteur de vérin
31		Cales de réglage	70	1	Tige relais	109	1	Joint torique	148	1	Butée de relevage
32	1	Roulement SKF 30-207	71	1	Tige de blocage	110	1	Pivot de direction	149	2	Vis logement d'axe
33	1	Défecteur	72	1	Axe fixe d'étrier	111	1	Douille SKF RHNA 202616	150	2	Écrou de broche
34	1	Roulement SKF 30-307	73	1	Douille cannelée	112	2	Bague d'étanchéité	151	1	Graisseur
35	1	Pignon de commande	74	1	Circlips intérieur	113	1	Rondelle de frottement	152	1	Fourche de relevage
36	1	Vis CHc M6-16	75	1	Arbre vertical inférieur	114	1	Axe d'ancrage	153	1	Graisseur Stauffer
37	1	Rondelle épaulée	76	1	Bouchon de remplissage	115	2	Ressort de crochet	154	1	Joint à lèvres
38	1	Jauge d'huile	77	1	Carter intermédiaire	116	1	Axe de butée de crochet	155	1	Roulement SKF 6304
39	1	Couvercle	78	1	Écrou SKF	117	2	Crochet	156	1	Circlips
									157	1	Joint à lèvres