

LES MÉCANISMES HYDRAULIQUES

PAR

J. FAISANDIER

Ingénieur A. M., E. N. S. A.

Professeur à l'École nationale supérieure de l'Aéronautique

Directeur technique de la S. A. M. M.

PARIS



92, RUE BONAPARTE (6^e)

1957

SOMMAIRE

CHAPITRE PREMIER

1. PRINCIPES GÉNÉRAUX

1.1. ÉQUATIONS QUI LIENT L'ÉNERGIE MÉCANIQUE A L'ÉNERGIE HYDRAULIQUE.....	1
1.1.1. Théorème du travail.....	1
1.1.2. Remarques.....	2
1.1.3. Théorème des puissances.....	3
1.1.4. Unités.....	3
1.1.4.1. Unités de puissance.....	3
1.1.4.2. Unités de travail.....	4
1.1.4.3. Unités anglo-saxonnes.....	4
1.1.4.4. Rappel de correspondance d'unités.....	5
1.2. FORMULES DE SAINT-VENANT ET DE BERNOULLI.....	5
1.3. VISCOSITÉ : LA POISE.....	9
1.3.1. Écoulement laminaire d'un fluide peu compressible dans un tube.....	10
1.3.2. Écoulement laminaire en mince paroi.....	12
1.3.3. Viscosité cinématique.....	14
1.3.4. Viscosités Engler, Redwood, Saybolt.....	16
1.3.5. Variations de viscosité avec la température. Indice de viscosité.....	16
1.3.6. Variations des viscosités avec la pression.....	19
1.3.7. Nombre de Reynolds et pertes de charge dans les tuyauteries.....	20
1.4. COMPRESSIBILITÉ. — DILATATION. — CHALEUR SPÉCIFIQUE.....	25
1.4.1. Coefficient de compressibilité.....	25
1.4.2. Coefficient de dilatation.....	25
1.4.3. Chaleur spécifique.....	26
1.5. POINT D'ANILINE.....	26
1.6. LIQUIDES UTILISÉS.....	27
1.7. LES SCHÉMAS DE PRINCIPE.....	28

CHAPITRE II ³

2. LES POMPES OU GÉNÉRATEURS DE PRESSION

2.1. GÉNÉRALITÉS	31
2.2. POMPES A PISTONS.....	31
2.2.1. Influence du nombre de pistons sur la régularité du débit.....	32
2.2.2. Pompes en étoile.....	38
2.2.2.1. Pompe rotative en étoile. Pompe rotative en étoile à débit variable et à régulation de pression. Pompe rotative à inversion de débit.....	38
2.2.2.2. Pompe en étoile à clapets.....	42
2.2.3. Pompes à barillet.....	46
2.2.3.1. Pompe rotatives à barillet à débit commandé..	46
2.2.3.2. Pompe à barillet et à clapets.....	48
2.2.4. Pompes à engrenages.....	49
2.2.5. Pompes à main.....	56

CHAPITRE III ⁴

3. LES RÉCEPTEURS HYDRAULIQUES

3.1. LES VÉRINS HYDRAULIQUES.....	60
3.1.1. Le vérin simple effet.....	60
3.1.2. Le vérin à double effet.....	61
3.1.3. Les systèmes de verrouillage.....	62
3.2. LES MOTEURS HYDRAULIQUES.....	65
3.2.1. Moteurs dérivés des pompes réversibles.....	67
3.2.2. Moteur en étoile à une course par tour.....	67
3.2.3. Moteur Hele-Shaw à deux ou plusieurs courses par tour.....	67
3.3. LES SERVO-COMMANDES.....	70
3.3.1. Généralités.....	70
3.3.2. Historique.....	70
3.3.3. Principes généraux utilisés.....	71
3.3.4. Servo-commandes utilisant des pompes à débit variable.....	72
3.3.4.1. Étude analytique de la servo-commande.....	73
3.3.4.2. Calcul de la fréquence propre.....	75
3.3.4.3. Considérations sur les servo-commandes utilisant des pompes à débit variable.....	77
3.3.4.4. Applications aux commandes de barre à gouverner des navires.....	78
3.3.5. Servo-commandes utilisant une source à pression constante.....	82
3.3.5.1. Dispositions générales.....	82
3.3.5.2. Analyse de la distribution.....	86
3.3.5.2.1. Distributeur à tiroir.....	86
3.3.5.2.2. Distributeurs à clapets.....	88
3.3.5.2.3. Distributeur cylindrique rotatif.....	89

3.3.5.3. Stabilité des servo-commandes à distributeur.	90
3.3.5.3.1. Servo-commande liée à une masse seule.....	91
3.3.5.3.2. Servo-commande liée à une masse par l'intermédiaire d'une liaison élastique.....	105
3.3.5.3.3. Influence de l'élasticité du support de la servo-commande.....	109
3.3.5.3.4. Servo-commande liée à une masse et à une charge statique.....	113
3.3.5.3.5. Servo-commande liée à une masse et à des efforts proportionnels à la vitesse.....	114
3.3.5.3.6. Conclusions.....	116
Point de vue des essais.....	116
Prédétermination d'une servo-commande.....	117
3.3.5.4. Méthode d'amortissement auxiliaire.....	118
3.3.6. Sécurités.....	118
3.3.7. Sensation musculaire.....	119
3.3.8. Servo-commande à débit constant.....	121
3.3.9. Les servo-commandes à mouvement rotatif.....	122
3.4. PUISSANCE MAXIMUM UTILISABLE A PARTIR D'UN CIRCUIT A PRESSION CONSTANTE ET A TRAVERS UN ORIFICE CALIBRÉ.....	124

CHAPITRE IV

4. LES ORGANES INTERMÉDIAIRES

4.1. LES ACCUMULATEURS.....	126
4.2. LES RÉGULATEURS.....	128
4.2.1. Régulateur à commande directe.....	128
4.2.2. Régulateur à commande indirecte.....	130
4.3. LES CLAPETS DE SURPRESSION.....	135
4.3.1. Les clapets de surpression à bille.....	135
4.3.2. Clapets de surpression à cône.....	135
4.3.3. Clapets de surpression à cône et à amortisseur hydraulique.....	136
4.3.4. Clapets de surpression à piston.....	137
4.3.5. Clapet de surpression à clapet pilote.....	139
4.4. LES DISTRIBUTEURS.....	140
4.4.1. Les distributeurs à tiroirs.....	140
4.4.2. Les distributeurs à clapets.....	141
4.4.3. Les électro-robinets.....	143
4.4.4. Les diviseurs de débit.....	144
4.5. QUELQUES ACCESSOIRES.....	145
4.5.1. Le filtrage et les filtres.....	145
4.5.2. Les limiteurs de débit.....	149
4.5.3. Les joints.....	151
4.5.4. Les raccords et tuyauteries.....	155
4.5.5. Les organes de sécurité.....	158

CHAPITRE V 6

5. ÉTUDE DE QUELQUES APPAREILS PARTICULIERS

5.1. LES ATERRISSEURS ET LES AMORTISSEURS D'AVION.....	161
5.2. LE FREINAGE ET LES ROUES.....	165
5.2.1. Freinage des petits avions et des véhicules automobiles.....	168
5.2.2. Freinage des avions de moyen et gros tonnages.....	169
5.2.3. Le système antidérapant.....	171
5.3. LES TOURELLES A COMMANDE HYDRAULIQUE.....	173
5.3.1. Les tourelles télécommandées.....	177
5.4. LE LIMITEUR DE g POUR AVIONS.....	178
5.5. LES MULTIPLICATEURS DE PRESSION.....	179
5.6. LES COMMANDES A DISTANCE.....	181
5.7. LES VARIATEURS HYDRAULIQUES.....	183

CHAPITRE VI 7

6. LES SCHÉMAS RÉELS

6.1. UN EXEMPLE CONCRET : LE CIRCUIT HYDRAULIQUE D'UN AVION DE CHASSE.....	186
6.2. UN EXEMPLE INDUSTRIEL : COMMANDE D'UNE PRESSE DOUBLE A MOULER.....	193

CHAPITRE VII 8

7. CONCLUSIONS GÉNÉRALES

7.1. COMPARAISON DES DIVERS SYSTÈMES DE TRANSMISSION DE PUISSANCE, HYDRAULIQUE, ÉLECTRIQUE ET PNEUMATIQUE.....	195
7.2. ÉVOLUTION DE L'HYDRAULIQUE.....	199

CHAPITRE VIII 5

8. TECHNOLOGIE, SERVITUDES ET PRATIQUES DE L'HYDRAULIQUE

8.1. CHOIX DES MATÉRIAUX.....	201
8.2. PARTICULARITÉS D'USINAGE.....	202
8.3. PRÉCAUTIONS A PRENDRE AUX MONTAGES, ASSEMBLAGES ET STOCKAGES DES ENSEMBLES HYDRAULIQUES.....	203
8.4. LES ESSAIS.....	204
8.4.1. Banc d'essai des pompes.....	205
8.4.2. Banc d'essai des vérins.....	207
8.4.3. Banc d'essai pour servo-commandes de gouvernes.....	208
8.5. ENTRETIEN.....	210