

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

②①

N° 82 00385

⑤④ Système de positionnement de robot électro-hydraulique.

⑤① Classification internationale (Int. Cl. ³). F 15 B 9/04; B 25 J 13/00; F 15 B 9/02, 21/08.

②② Date de dépôt..... 12 janvier 1982.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée : *EUA, 22 janvier 1981, n° 227.262.*

④① Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 29 du 23-7-1982.

⑦① Déposant : Société dite : COPPERWELD ROBOTICS, INC., société organisée selon les lois de
l'Etat du Michigan, résidant aux EUA.

⑦② Invention de : Jerry Kirsch et Kerry Frank Kirsch.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Novapat, cabinet Chereau,
107, boulevard Pereire, 75017 Paris.

1.

La présente invention concerne des systèmes de commande électro-hydrauliques perfectionnés destinés avant tout à être utilisés avec des robots d'un type comportant un ou plusieurs éléments d'actionnement de pièce.

5 Le robot décrit dans le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 3.406.837 du 22 octobre 1968 est un robot typique avec lequel le système de la présente invention peut être utilisé.

En bref, le système de commande de la présente
10 invention comprend une pluralité d'actionneurs hydrauliques, destinés chacun à être reliés de façon active à un moyen d'actionnement de pièce du robot et pouvant fonctionner en marche de façon à conférer différents mouvements à l'élé-
ment ou aux éléments de l'actionneur de pièce. Plus spécifi-
15 quement, un circuit hydraulique à boucle fermée comportant des côtés de décharge et de retour est relié aux actionneurs hydrauliques, et un servomoteur agissant de préférence par l'intermédiaire d'un réducteur de vitesse approprié est relié au piston d'un cylindre de puissance re-
20 lié lui-même à une partie du circuit hydraulique auquel il appartient, et fonctionne en pompe hydraulique pour entraîner le fluide hydraulique dans le circuit. Un moyen de clapet d'inversion monté dans le circuit hydraulique entre le cylindre et les actionneurs hydrauliques dirige le fluide hydraulique en cours de pompage toujours vers le côté dé-

charge du circuit et des clapets de commande montés dans le circuit fonctionnant en association avec les actionneurs hydrauliques commandent le fonctionnement de ces derniers en réponse à certaines conditions de fonctionnement du système

5 de sorte que les actionneurs hydrauliques peuvent être maintenus stationnaires ou être actionnés sélectivement, individuellement et suivant un ordre prédéterminé pour déplacer le moyen d'actionnement de pièce du robot en conformité avec un programme prédéterminé. Un moyen approprié tel

10 qu'un accumulateur du type à piston est relié au côté retour du circuit hydraulique de façon à maintenir une pression hydraulique prédéterminée à l'intérieur du circuit et à tenir compte des variations de la quantité de fluide hydraulique dans le côté retour du système se produisant en

15 marche pour une raison ou une autre, par exemple à la suite du déplacement des actionneurs hydrauliques.

Un objet important de la présente invention est un système de commande à servo électro-hydraulique pour robots et analogues qui soit plus efficace que les systèmes à servo existants et qui fonctionne à des niveaux sonores sensiblement plus faibles.

20

Un autre objet de la présente invention est un système de commande à servo électro-hydraulique qui fonctionne par déplacement positif du fluide hydraulique dans le système, qui soit capable de produire une pression relativement

25 élevée dans la partie hydraulique du système de façon à assurer des mouvements contrôlables avec précision et facilité des éléments d'actionnement de pièce du robot et dans lequel la pression puisse être facilement régulée par un

30 fonctionnement sélectif de l'actionneur à servo.

Un autre objet de la présente invention est un système de commande à servo électro-hydraulique du type cité ci-dessus dans lequel la température du fluide hydraulique dans le système reste relativement basse par suite du

35 manque de turbulence à la position de repos, particulièrement typique des pompes hydrauliques du type à ailettes utilisées généralement dans les systèmes existants.

Plus particulièrement, le système de commande à servo de la présente invention est prévu pour positionner une charge mécanique en cours de manipulation par le robot au moyen d'un actionneur du robot en réponse à des ordres numériques. Le système est spécifiquement conçu pour utiliser un codeur d'arbre numérique sans contact en conjonction avec un circuit logique de commande de façon à développer en retour une information sur la position. Un circuit dit CMOS à semi-conducteurs oxyde-métal à symétrie complémentaire) peut être utilisé dans la logique de commande de façon à réduire la consommation d'énergie et le dégagement de chaleur. La relation mutuelle entre les divers composants du système est telle que la liaison peut être simple en limitant les ordres de commande à un nombre minimum d'entrées. Les ordres de commande peuvent être produits par ordinateur, par circuit logique de commande numérique ou par fermeture de contacts électro-mécaniques. L'actionneur à servo du type électromécanique destiné au système comprend de préférence un aimant permanent, un moteur à courant continu, un tachymètre de mesure de vitesse et un codeur d'arbre donnant une information sur la position, ainsi qu'un amplificateur et une alimentation extérieure. Ces composants constituent un moyen de positionnement complet du système et de l'élément (ou des éléments) d'actionnement de pièce du robot.

La présente invention sera bien comprise lors de la description suivante faite en liaison avec les dessins ci-joints dans lesquels :

La figure 1 est un schéma sous forme de blocs d'un système de commande à servo selon la présente invention;

La figure 2 est une vue schématique d'un moyen d'actionneur à servo qui constitue une partie du système de commande de la figure 1, représentant plus particulièrement la manière avec laquelle l'actionneur électro-hydraulique procède au pompage du fluide hydraulique dans le circuit hydraulique, et représentant également une pluralité d'actionneurs hydrauliques incorporés à une partie du

circuit relié au moyen d'actionnement de pièce avec lequel les robots du type impliqué dans la présente invention sont équipés de manière classique;

La figure 3 est une représentation schématique du circuit hydraulique qui constitue une partie du moyen d'actionneur électro-hydraulique représenté en figure 2; et

La figure 4 est une représentation schématique en plus grand détail du moyen d'entraînement à servo électro-hydraulique pour les moteurs hydrauliques qui font fonctionner les éléments d'actionnement de pièce du robot.

En liaison tout d'abord avec la figure 4, on a représenté un servomoteur classique 10 réversible, à courant continu, qui comporte un arbre d'entraînement 12 relié à un arbre fileté extérieurement 14 par un coupleur 16. Le moteur 10 et l'arbre 14 sont maintenus stationnaires dans le sens longitudinal d'une manière appropriée ou classique, mais l'arbre 12 et la vis 14 ainsi que le coupleur de liaison 16 sont montés de façon à pouvoir tourner librement. A cet égard, on observera que l'arbre 14 est représenté ici comme étant supporté par une paire de paliers 18 et 20 situés à une certaine distance l'un de l'autre. Un écrou 22 est engagé dans la vis 14 et est fixé par des vis 24 à un chariot approprié 26, lequel est supporté à son tour en coulissement par des paliers 28 et 30 sur une tige de guidage 32 elle-même montée dans des supports extrêmes 34 et 36.

En marche, la rotation du moteur 10 a pour effet d'entraîner la vis 14, ce qui provoque le déplacement de l'écrou 22 soit vers la droite soit vers la gauche de la figure selon le sens de rotation de la vis. De préférence, la vis 14 et l'écrou 22 se présentent sous la forme d'un écrou à billes classique de façon à minimiser la résistance de frottement freinant le déplacement de l'écrou sur l'arbre, ainsi que les pertes de mouvement entre ces deux éléments. Le chariot 26 se déplace sur la tige de guidage 32 en même temps que l'écrou 22. Il apparaîtra que

le mécanisme précédent est capable d'animer l'écrou 22 et le chariot 26 d'un mouvement de va-et-vient sur l'arbre 14 et qu'il agit ainsi en moyen de transmission du mouvement de rotation de l'arbre d'entraînement 12 du moteur en mouvement alternatif rectiligne du chariot 26 ainsi qu'en réducteur de vitesse représenté généralement par la référence 37 de façon à déplacer le chariot à une vitesse beaucoup plus lente que l'arbre d'entraînement 12 du moteur.

Monté sur le chariot 26 avec lequel il est mobile, se trouve un support 38 ayant la forme générale d'un U dont les deux bras 40 et 42 sont reliés aux deux parties 44 et 46 de la tige d'un piston 48 à double tige qui est montée de façon à être animée d'un mouvement de va-et-vient dans un cylindre fixe 50. D'après ce qui précède, il apparaîtra facilement que le support 38 se déplace avec le chariot 26 et à la même vitesse que celui-ci et que, pendant son déplacement, il actionne le piston 48 pour l'animer d'un mouvement de va-et-vient dans le cylindre 50. En figure 4, les parties dont il vient d'être question sont représentées en trait plein, le piston 48 étant situé approximativement au milieu de sa course à l'intérieur du cylindre 50. La position extrême du support 38 à gauche de la figure 4 est représentée en 38a et sa position extrême à droite de cette figure en 38b. La course du support 38 vers la droite et vers la gauche est commandée en fonctionnement normal par un contrôleur représenté schématiquement en 200 dans la figure 1 suivant les instructions d'un ordinateur représenté en 192, et l'étendue de la course du support est réglée en fonction des exigences de la situation particulière par modification du programme de l'ordinateur. Cependant, il est envisagé que le piston 48 ne se déplace pas sur la distance totale permise par le cylindre 50 et deux interrupteurs-fin de course 52 et 54 sont placés dans le circuit de commande du servomoteur 10 de façon à inverser son sens de rotation pour disposer d'une sécurité en cas de course trop grande, le support 38 venant pour une raison ou une autre en con-

tact avec les interrupteurs fin de course 52 et 54 à l'extrême limite de sa course dans un sens ou l'autre.

Le piston 48 et le cylindre 50 définissent ensemble une pompe 55 qui constitue une partie d'un circuit hydraulique à boucle fermée dans lequel des conduites 56 et 57 s'étendant aux extrémités opposées du cylindre 50 permettent de faire communiquer les chambres du cylindre situées de chaque côté du piston 48 avec un agencement à clapets ou circuit à clapets représenté schématiquement en 58 dans la figure 4. Le circuit 58 dirige le fluide hydraulique de la pompe 55 vers des actionneurs hydrauliques 60 et 62 d'un ou de plusieurs actionneurs de pièce mobiles qui constituent une partie d'un robot ou analogue tel que décrit précédemment. Comme suggéré, il est prévu que le système de commande électro-hydraulique de la présente invention soit utilisé avec un robot mécanique et que les actionneurs hydrauliques soient reliés à une ou plusieurs parties mobiles du dispositif telles que, par exemple, un bras de transfert de pièce.

L'actionneur hydraulique 60 représenté ici à titre d'illustration est un actionneur rotatif comprenant un cylindre 64 dans lequel est monté un arbre rotatif 66 dans le sens axial. Une ailette radiale fixe 68 s'étendant depuis le cylindre 64 vers l'arbre 66 sépare le cylindre en deux chambres 70 et 72, et une ailette 74 fixée à l'arbre 66 avec lequel elle tourne et s'étendant radialement vers le cylindre entraîne l'arbre et, quelle que soit la partie du robot rattachée, le déplace soit dans le sens des aiguilles d'une montre soit dans le sens inverse des aiguilles d'une montre selon que l'une des chambres 70, 72 est reliée au côté de décharge du circuit hydraulique par le circuit de clapets 58.

L'actionneur hydraulique 62 est un actionneur de forme différente qui comprend un cylindre 76 enfermant un piston 78 monté de façon à être animé d'un mouvement de va-et-vient avec une tige de piston 80 s'étendant depuis une extrémité du cylindre. Une utilisation typique de

l'actionneur hydraulique 62 dans des robots du type dont il a été question ci-dessus serait que la tige 80 actionne une partie mobile du robot dans un mouvement alternatif.

5 La partie mobile du robot dont il a été question en ce qui concerne les deux actionneurs hydrauliques 60 et 62 peut constituer un même ensemble ou deux ensembles différents. Dans le robot objet du brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 3.406.837 mentionné ci-dessus, le bras de
10 transfert à mouvement d'élévation et de balancement ayant dans ce brevet la référence 70 constitue un agencement typique d'actionneur de pièce du type représenté ici en 60 et 62. Le bras 70 est prévu pour soulever et balancer un vase sous vide représenté en 74 dans le brevet et,
15 dans l'adaptation du système de commande de la présente invention au dispositif breveté, un mécanicien ordinaire pourra fixer facilement la tige de piston 80 de l'actionneur hydraulique au bras 70 ou à l'un de ses organes de réglage de façon à provoquer l'élévation du bras, et il
20 sera également facile pour un mécanicien ordinaire de fixer l'arbre 66 de l'actionneur hydraulique 60 au bras 70 ou à l'un de ses organes auxiliaires de façon à conférer un mouvement de rotation ou de balancement au bras. Cependant, en liaison avec ce qui précède, il apparaîtra facilement que, alors qu'une paire d'actionneurs animés d'un
25 mouvement de rotation et alternatif sont ici représentés à titre d'exemple, n'importe quel nombre d'actionneurs ou de combinaisons d'actionneurs de n'importe quel type peut être utilisé dans le système de la présente invention et il est
30 envisagé aussi que le système soit utilisé dans n'importe quel environnement ou situation où de tels circuits de commande ont leur utilité.

En marche, le piston 48 de la pompe 55 entraîne le fluide hydraulique sous une pression relativement élevée
35 dans le circuit hydraulique à boucle fermée pendant les deux courses du piston. Ainsi, lorsque le piston 48 se déplace vers la gauche de la figure 4, il oblige le fluide

hydraulique sous pression à entrer dans la conduite 56. Par contre, lorsque le piston 48 se déplace vers la droite de la figure 4, le fluide hydraulique sous pression est entraîné dans la conduite 57. Il est important pour le
5 fonctionnement du système de commande électro-hydraulique de la présente invention que le circuit hydraulique à boucle fermée ait un côté de décharge où le fluide hydraulique s'écoule vers les actionneurs de pièce, représentés ici à titre d'exemple en 60 et 62, et que le circuit hy-
10 draulique comporte un côté retour où le fluide hydraulique est acheminé des actionneurs jusqu'à la pompe.

Il est également important que le système de commande de la présente invention comporte un accumulateur servant à maintenir une pression minimum prédéterminée
15 dans la conduite de retour du circuit hydraulique et à compenser les variations de volume du fluide hydraulique dans la conduite qui se produisent lorsque des actionneurs à piston du type représenté en 62 sont utilisés. A cet égard, un accumulateur 82 du type à piston est représen-
20 té comme étant relié au côté retour du circuit hydraulique par une conduite 84. L'accumulateur 82 comprend un cylindre 86 dans lequel est monté un piston 88 flottant librement. Le fluide hydraulique provenant du côté retour du circuit peut s'écouler librement dans la conduite 84
25 pour entrer dans la partie du cylindre 86 située au-dessus du piston 88 et en sortir, de sorte que le fluide se trouvant dans la partie supérieure du cylindre 86 est soumis à la même pression que le fluide se trouvant dans le côté retour du circuit. Un gaz inerte tel que l'azote ou un gaz
30 analogue, est fourni depuis une source appropriée par une conduite d'entrée 90 à la partie du cylindre 86 située au-dessous du piston 88. La pression du gaz se trouvant dans la partie inférieure du cylindre 86 peut varier en fonction de la pression du fluide hydraulique dans le côté retour
35 du circuit hydraulique. Une pression de gaz d'environ 3,5 bars convient dans la plupart des cas, mais il apparaîtra facilement que pour une installation particulière la pres-

sion soit sensiblement plus élevée dans le but de maintenir le piston 88 dans une position sensiblement médiane à l'intérieur du cylindre 86 afin que le gaz du cylindre serve d'amortisseur sur lequel s'appuie le piston 88 lorsque la pression hydraulique augmente dans le circuit et qui pousse le piston vers le haut du cylindre lorsque la pression du fluide hydraulique diminue dans le circuit.

Dans le système de commande représenté en figure 4, le fluide hydraulique va du circuit de clapets 58 à l'actionneur 60 de pièce ou circule dans l'autre sens, aux côtés opposés de l'ailette fixe 68 en passant par des conduites 92 et 94, et cela a lieu indépendamment de la circulation du fluide vers l'actionneur 62 ou en provenance de ce dernier. De même, le fluide hydraulique va du circuit 58 à l'actionneur 62 ou en revient par des conduites 96 et 98 situées aux côtés opposés du piston 78 indépendamment de l'actionneur 60. Il est envisagé qu'en marche le circuit à clapets 58 fonctionne de façon à relier sélectivement le côté de décharge du circuit hydraulique à l'une ou l'autre des conduites 92 et 94 qui alimentent l'actionneur 60. De même, il est envisagé que le circuit de clapets 58 fonctionne de façon à acheminer le fluide hydraulique depuis le côté de décharge du circuit jusqu'à l'actionneur 62 de manière sélective en passant par l'une ou l'autre des conduites 96 et 98. Manifestement, si un fluide hydraulique à haute pression est fourni à l'actionneur 60 par la conduite 92 alors que la conduite 94 est reliée au côté retour du circuit hydraulique, l'ailette mobile 74 se déplacera dans le sens inverse des aiguilles d'une montre à l'intérieur du cylindre 64 tel que vu dans les dessins, et si le fluide hydraulique à pression relativement élevée est fourni au cylindre 64 de l'autre côté de l'ailette fixe 68 dans des circonstances similaires, l'ailette mobile 74 se déplacera dans le sens des aiguilles d'une montre. Dans l'installation supposée de robot du brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 3.406.837 dont il a été question précédemment à titre d'exemple, l'ailette 74 a pour effet de faire

basculer le bras de transfert 70 de ce brevet soit vers la droite soit vers la gauche en fonction de son sens de déplacement. De même, dans cette installation, le piston 78 et sa tige 80 avancent ou reculent dans le cylindre 76
5 selon qu'un fluide hydraulique à haute pression est introduit par la conduite 96 ou par la conduite 98. Cependant, quoi qu'il en soit, le déplacement de la tige de piston 80 peut être utilisé soit pour soulever soit pour abaisser le bras de transfert 70 représenté dans ce brevet par une
10 manipulation appropriée du clapet du circuit 58 qui commande le débit du fluide hydraulique vers les conduites 96 et 98.

La figure 2 représente un système de commande semblable au système représenté en figure 4 mais prévu pour
15 desservir trois actionneurs hydrauliques représentés schématiquement en 100, 102 et 104, lesquels sont tous des actionneurs du type à piston représenté en 62 de la figure 4. De plus, en figure 2, chaque actionneur 100, 102 et 104 est représenté schématiquement comme étant relié à des ac-
20 tionneurs de pièce séparés 106, 108 et 110, respectivement. Dans le système de commande modifié de la figure 2, le fluide hydraulique à pression relativement élevée est fourni alternativement au circuit de clapets 112 par des condui-
25 tes 56 et 57 comme dans le cas décrit précédemment dans la présente invention. De plus, le circuit 112 est modifié pour tenir compte des trois actionneurs hydrauliques 100, 102 et 104. Par ailleurs, les deux systèmes de commande re-
présentés en figures 2 et 4 sont identiques et fonctionnent de la même façon.

30 On se rapportera maintenant à la figure 3 qui représente schématiquement un circuit typique de clapets 112 pour trois actionneurs de pièce. Il apparaîtra facilement à la lecture de la description détaillée du circuit 112 comment celui-ci peut être modifié pour donner un agence-
35 ment tel que l'agencement représenté en 58 de la figure 4 qui ne dessert que les deux actionneurs hydrauliques 60 et 62. De même, on pense qu'il apparaîtra également à la des-

cription du circuit 112 comment celui-ci peut être modifié pour desservir à peu près n'importe quel nombre ou n'importe quel type d'actionneurs hydrauliques qui seraient normalement impliqués dans un mécanisme de robot ou dispositif similaire.

Plus particulièrement, le circuit de clapets 112 comprend un clapet à solénoïde 114 comportant des orifices d'entrée 116 et 118 auxquels sont reliées les deux conduites 56 et 57. Le clapet 114 comporte également deux orifices de sortie 120 et 122 auxquels sont reliées des conduites 124 et 126. Dans une certaine position de la bobine de clapet, des canaux traversants 128 et 130 relient les orifices d'entrée 116 et 118 aux orifices de sortie respectifs 120 et 122. Dans une autre position de la bobine, des canaux 132 et 134 relient les orifices d'entrée 116 et 118, aux orifices de sortie 122 et 120, respectivement, de façon à maintenir le débit de fluide hydraulique dans la conduite 124; c'est-à-dire que le débit s'effectue toujours à partir du clapet 114 en direction de clapets 138, 140 et 142 qui desservent les actionneurs hydrauliques 100, 102 et 104. Le clapet 114 représenté ici est d'un type classique où la bobine se déplace vers la gauche, c'est-à-dire vers la position représentée, par excitation d'un solénoïde 136 et désexcitation d'un solénoïde 137 dans le but de relier la conduite 56 à la conduite 124 et la conduite 57 à la conduite 126 par l'intermédiaire des canaux 128 et 130, respectivement, et où la bobine se déplace vers la droite par excitation du solénoïde 137 et désexcitation du solénoïde 136, ce qui a pour effet de relier la conduite 56 à la conduite 126 et la conduite 57 à la conduite 124 par l'intermédiaire des canaux 132 et 134, respectivement. En pratique, les solénoïdes 136 et 137 sont reliés au servomoteur 10 dans des circuits électriques comportant des organes de commande appropriés et des dispositifs de verrouillage qui positionnent le clapet 114, comme représenté en figure 3, lorsque le piston 48 de la pompe se déplace vers la gauche de la figure 2 et qui positionnent le

clapet avec les canaux 132 et 134 correspondant avec les conduites 56, 126 et 57, 124, respectivement, lorsque le piston 48 se déplace vers la droite. Ainsi, la conduite 124 fournit toujours le fluide hydraulique à haute pression aux actionneurs 138, 140 et 142 quel que soit le sens de déplacement du piston 48. En outre, comme cela apparaîtra ultérieurement, le fluide hydraulique de la conduite 126 se dirigera toujours des clapets de commande 138, 140 et 142 vers la pompe 55. A cet égard, comme indiqué précédemment, il est important que l'accumulateur 82 soit toujours relié au côté retour du circuit hydraulique à boucle fermée qui sera maintenant décrit, et on observera que la conduite 84 sortant de l'accumulateur est reliée ici à la conduite de retour de liquide 126.

Les trois actionneurs hydrauliques 100, 102 et 104 sont desservis par des clapets à solénoïde à trois positions 138, 140 et 142, respectivement. Les conduites de décharge et de retour 124 et 126 sont reliées aux conduites hydrauliques principales 144 et 146, respectivement, et ces dernières sont reliées aux clapets 138, 140 et 142 par des paires respectives de conduites 148, 150; 152, 154 et 156, 158. Le fluide hydraulique provenant des clapets 138, 140 et 142 va dans les actionneurs hydrauliques 100, 102 et 104 et en revient par des paires respectives de conduites 160, 162; 164, 166 et 168, 170 (figure 2).

Si le circuit de clapets est prévu pour ne desservir que deux actionneurs hydrauliques tels que les actionneurs représentés en 60 et 62 de la figure 4, les conduites principales 144 et 146 se terminent aux conduites d'alimentation de clapet 152 et 154. Dans ce cas, le clapet à trois positions 138 dessert l'actionneur hydraulique 60 par l'intermédiaire des conduites 92 et 94 et le clapet à trois positions 140 l'actionneur hydraulique 62 par l'intermédiaire des conduites 96 et 98. De même, si le circuit de clapets est prévu pour desservir trois actionneurs hydrauliques tels que les actionneurs représentés en 100, 102 et 104 de la figure 2, les conduites d'alimenta-

tion principales 144 et 146 se terminent aux conduites 156 et 158. Dans ce dernier cas, les clapets à trois positions 138, 140 et 142 desservent les actionneurs hydrauliques 100, 102 et 104 respectivement. D'autre part, si le circuit de
5 clapets devait desservir plus de trois actionneurs hydrauliques les conduites principales 144 et 146 seraient étendues comme représenté en 172 de la figure 3, et seraient de même reliées à d'autres actionneurs hydrauliques.

Les trois clapets à solénoïde 138, 140 et 142 ont
10 une construction et un fonctionnement identiques et une description détaillée du seul clapet 138 sera par conséquent suffisante. Comme représenté dans la figure, le clapet 138 comporte des orifices d'entrée 174 et 176 qui sont reliés aux conduites 148 et 150, respectivement, et des orifices
15 de sortie 178 et 180 qui sont reliés aux conduites 160 et 162. La bobine coulissante du clapet 138 a une position de traversée représentée schématiquement en 182, une position d'inversion représentée schématiquement en 184, et une position intermédiaire de blocage représentée schématique-
20 ment en 186. Des ressorts d'équilibrage représentés généralement en 185 et 187 maintiennent normalement la bobine dans la position intermédiaire de blocage. Un solénoïde 190 situé à une extrémité du clapet 138, lorsqu'il est excité, a pour effet de déplacer la bobine vers la position
25 de traversée représentée dans la figure et un solénoïde 188 situé à l'autre extrémité du clapet 138, lorsqu'il est excité, a pour effet de déplacer la bobine vers la position d'inversion 184. Comme dans le cas du clapet 114, les solénoïdes 188 et 190 sont prévus pour être reliés
30 électriquement et verrouillés d'une manière classique à des moyens de commande appropriés qui programment le fonctionnement des clapets 138, 140 et 142 en conformité avec les conditions de fonctionnement mécanique des actionneurs de pièce et du robot dont ils font partie.

35 Dans le cas du clapet à trois positions 138 qui dessert l'actionneur hydraulique 100 et l'actionneur de pièce 106 (figure 2), il apparaîtra facilement que, lors-

qu'il se trouve dans la position normale de blocage 186, la fourniture de fluide hydraulique à l'actionneur 100 est coupée et l'actionneur 106 stationnaire. Mais, lorsque le clapet 138 se trouve dans la position 182, un fluide hydraulique à haute pression provient du clapet d'inversion 114, traverse les conduites 124, 148 et 160 pour atteindre la partie inférieure de l'actionneur hydraulique 100 afin de ramener son piston en arrière et de soulever l'actionneur 106. Pendant le retour en arrière du piston de l'actionneur 100, le fluide hydraulique situé dans la partie supérieure de cet actionneur circule dans la conduite 162, le clapet à trois positions 138, les conduites 150, 126 et 57 pour revenir à la pompe 55. D'autre part, lorsque le clapet à trois positions 138 se trouve dans la position d'inversion 184 et que le clapet 114 est positionné comme indiqué en figure 3, le fluide hydraulique à haute pression provenant du clapet 138 va dans la partie supérieure de l'actionneur 100 en passant par la conduite 162 de façon à faire avancer le piston dans l'actionneur hydraulique 106 et abaisser cet actionneur.

En liaison avec ce qui précède, il apparaîtra facilement que les clapets à trois positions 138, 140 et 142 fonctionnent de la même manière pour commander le fonctionnement de leurs actionneurs respectifs 100, 102 et 104 et par conséquent les actionneurs de pièce 106, 108 et 110. On remarquera également que les clapets à trois positions 138, 140 et 142 peuvent être positionnés sélectivement de manière individuelle de façon à actionner leurs actionneurs respectifs de pièce 106, 108 et 110 soit dans la position de traversée, soit dans la position d'inversion et que cela peut être exécuté dans l'une ou l'autre position du clapet principal 114. En outre, chaque clapet à trois positions 138, 140 et 142 peut être maintenu sélectivement de manière individuelle dans la position de blocage de façon à maintenir son actionneur respectif de pièce à l'état stationnaire pendant une durée prédéterminée, quel que soit le travail exécuté par les autres ac-

tionneurs.

D'après ce qui précède, on peut voir que l'agencement de clapets représenté ici permet en permanence un contrôle et une commande constants des actionneurs de pièce et le fonctionnement sélectif des actionneurs de pièce en fonction d'un programme prédéterminé. Cela est rendu possible par le système de commande de la présente invention qui fournit au circuit hydraulique du fluide à partir de la pompe 55 d'une manière relativement constante et sous une pression relativement élevée à tout instant du fonctionnement du servomoteur 10. La mise en marche du servomoteur 10, et par conséquent le mouvement de l'écrou d'entraînement 22 et du piston 48 peuvent être commandés avec précision dans des limites extrêmement étroites. Cela permet à son tour la commande individuelle du mouvement des actionneurs de pièce 106, 108 et 110 dans des limites également très étroites, tout au moins en partie, car le fluide hydraulique haute pression qui met en oeuvre les actionneurs de pièce est fourni par un système à boucle fermée. L'ensemble du système fonctionne avec un minimum de bruit et dégage une chaleur relativement peu importante. En outre, le besoin d'éléments de pré-chauffage et de dispositifs de refroidissement, lesquels sont normalement nécessaires dans des systèmes hydrauliques du type impliqué ici, est éliminé. La température du fluide hydraulique du circuit reste relativement faible par suite de l'absence de turbulences dans le système au repos.

Une autre caractéristique du système de commande électro-hydraulique de la présente invention est sa facile incorporation dans un système plus important qui peut être commandé de façon à donner un fonctionnement automatique sous la direction d'un ordinateur utilisant des moyens et des techniques bien connus de l'homme de l'art. Comme représenté schématiquement en figure 1, la référence 192 désigne un ordinateur ayant une liaison par boucle fermée représentée en 194 et 196 avec une interface 198 à laquelle est à son tour relié le servomoteur réversible à cou-

rant continu 10 par l'intermédiaire d'une unité de contrôle et d'amplification 200 comme indiqué en 202, 204 et 206, 208. Comme décrit précédemment, le moteur 10 comporte une liaison mécanique motrice directe 210 avec le

5 mécanisme de conversion de rotation en mouvement linéaire 37 qui réduit la vitesse de l'arbre d'entraînement du moteur et actionne la pompe 55 dans un mouvement alternatif comme indiqué en 212. Des dispositifs de commande et de contrôle de vitesse et de mouvement, tels qu'un tachy-

10 mètre 213 et un codeur ou dispositif de résolution 215, sont entraînés mécaniquement par le moteur 10, comme représenté en 218 et 220, et sont à leur tour connectés électriquement à l'unité de contrôle et d'amplification

15 200, comme représenté en 222 et 224, pour fournir une information en retour sur la vitesse et la position à l'unité de contrôle du moteur de sorte que la course du piston de la pompe et la position du piston à l'intérieur du cylindre de pompe peuvent être réglés en conformité avec les conditions du système. Les liaisons entre la pompe 55

20 et le circuit de clapets 112 sont représentées schématiquement en 56 et 57 en figure 1, et les actionneurs hydrauliques représentés en 60 et 62 dans la figure 4 et en 100, 102 et 104 dans la figure 2 sont représentés schématiquement en figure 1, et désignés collectivement par la

25 référence 214. Les liaisons hydrauliques entre le circuit de clapets 112 et les actionneurs hydrauliques 214 sont représentées schématiquement en 216 et 218. Les mouvements des actionneurs hydrauliques 214 sont commandés par des détecteurs de position appropriés tels que des interrupteurs

30 de fin-de-course ou analogues. Il est envisagé que chaque actionneur hydraulique soit desservi individuellement par son propre détecteur de position ou jeu de détecteurs et, pour la présente description, on suppose que les actionneurs hydrauliques représentés schématiquement et

35 collectivement en 214 dans la figure 1 comprennent les trois actionneurs hydrauliques 100, 102 et 104 de la figure 2. A cette fin, trois détecteurs de position ou jeux

de détecteurs 226, 228 et 230 sont représentés ici, un détecteur étant prévu par actionneur hydraulique 100, 102 et 104. Les liaisons entre les détecteurs de position 226, 228 et 230 et leurs actionneurs hydrauliques respectifs sont représentées schématiquement en 232, 234 et 236. Les détecteurs de position 226, 228 et 230 sont également reliés électriquement, comme représenté généralement en 238, à l'interface 198, et cette dernière est reliée à son tour, comme indiqué en 240, aux solénoïdes des clapets de commande 114, 138, 140 et 142, comme représenté en figure 3.

En fonctionnement, le servomoteur 10 est programmé par l'ordinateur 192 de façon à animer le piston 48 d'un mouvement de va-et-vient dans la partie médiane du cylindre 50, la longueur de la course du piston étant déterminée dans l'environnement représenté ici à titre d'exemple par des conditions particulières de mouvement des actionneurs 106, 108 et 110 du robot, et pour l'exécution de l'opération, l'interface 198 traduit les signaux de commande provenant de l'ordinateur et lui envoie une information en retour. Par exemple, si le programme demande le fonctionnement du servomoteur 10 pendant une durée correspondant à 300 impulsions continues d'onde, il envoie les instructions appropriées à cet effet, et l'interface 198 établit le sens du contrôleur du servomoteur et émet un train de 300 impulsions par l'intermédiaire du conducteur 202, puis vérifie que le contrôleur a renvoyé un signal "exécuté" par le conducteur 204. L'interface 198 traduit également les données provenant des détecteurs de position par le conducteur 238 sous une forme pouvant être comprise par l'ordinateur 192. Cela implique une conversion analogique-numérique si les détecteurs de position 226, 228 et 230 sont des détecteurs du type à potentiomètre, ou bien il est nécessaire de compter les impulsions si les détecteurs sont des décodeurs. L'interface 198 sert également à convertir les signaux codés de l'ordinateur en niveaux de tension en courant alternatif et transmet ces tensions par l'intermé-

diaire du conducteur 240 aux clapets à solénoïde 138, 140 et 142 appropriés de façon à établir l'envoi désiré de fluide hydraulique vers les actionneurs 100, 102 et 104.

Le système complet représenté en figure 1 présente
5 une possibilité de programme pour la configuration de la mise en oeuvre individuelle du mouvement des axes de plusieurs actionneurs de pièce dans un robot, par exemple. Une force d'entraînement positive pour le mouvement du robot est fournie par le fluide hydraulique d'une façon telle
10 que la vitesse et l'étendue du mouvement dans chaque cas peuvent être commandées avec précision, et la précision du mouvement nécessaire à un positionnement précis d'une pièce par les actionneurs de pièce qui constitue une partie du mécanisme du robot est particulièrement bien assurée par
15 le servomoteur à courant continu et par la conversion du mouvement de rotation en mouvement linéaire effectuée par le réducteur de vitesse 37, la pompe 55 et la combinaison de ces deux dispositifs, ainsi que par leur association unique avec le servomoteur 10, étant donné que ce dernier
20 peut être commandé avec précision par l'ordinateur 192 pour que le piston 48 de pompe soit animé d'un mouvement de va-et-vient à l'intérieur du cylindre 50 en réponse à un microprocesseur qui reçoit une information en retour sur la position, la vitesse et le volume d'huile provenant du
25 système de commande électro-hydraulique. Le dispositif 55, lorsqu'il est accouplé à un servomoteur à courant continu du type représenté en 10, transforme le couple de l'arbre du moteur en pression de fluide d'une manière particulièrement efficace et facilement contrôlable pour mouvoir les
30 actionneurs du robot. De plus, la corrélation unique entre le mécanisme de conversion du mouvement de rotation en mouvement linéaire représenté en 37 et le mécanisme particulier de pompe représenté en 55 permet une commande minutieuse du mouvement du piston 48 de pompe à l'intérieur du
35 cylindre 50 et son positionnement normal à la partie médiane du cylindre, ou à proximité de cette partie de sorte qu'on a l'assurance d'un déplacement complet des mécanismes

des actionneurs de pièce du robot pendant la course du piston. Cela est particulièrement important lorsqu'un système de commande du type décrit ici est appelé à faire fonctionner un mécanisme de robot, étant donné que la partie médiane du cylindre de pompe 50 représente la zone utile de la course du piston. Lorsque le piston 48 est trop près de l'une ou l'autre extrémité du cylindre, des étapes complètes dans le mouvement du robot ne peuvent être obtenues. Ainsi, le système de commande par micro-ordinateur doit faire subir des cycles au servomoteur actionnant la pompe 55 vers l'avant et vers l'arrière de façon que le mouvement du piston de pompe 48 soit maintenu à proximité de la partie médiane du cylindre de pompe 50. L'agencement particulier et la corrélation entre pièces dans la commande de la pompe 55 permettent également le couplage de codeurs optiques ou de moyens équivalents au servomoteur 10, comme représenté en 220, de façon à procéder à un retour d'information vers le processeur sur l'orientation en position, et un tachymètre peut être de la même manière accouplé au servomoteur, comme représenté en 218, pour fournir un signal de vitesse pour l'orientation en vitesse du mécanisme d'actionnement de pièce du robot. Comme l'ordinateur 192 commande le sens de circulation du fluide hydraulique, ainsi que le volume de fluide se déplaçant dans le circuit hydraulique à boucle fermée, des moyens de commande de débit peuvent également être reliés aux conduites de sortie de la pompe 55, de façon à fournir à l'ordinateur une information en retour sur la vitesse du fluide à des fins d'orientation du volume.

La présente invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation qui viennent d'être décrits, elle est au contraire susceptible de modifications et de variantes qui apparaîtront à l'homme de l'art.

REVENDEICATIONS

1 - Système de commande électro-hydraulique pour robot d'un type comportant des moyens d'actionnement de pièce, caractérisé en ce qu'il comprend :

5 - un circuit hydraulique à boucle fermée ayant un côté de décharge de fluide et un côté de retour de fluide;

 - un moyen de pompage de fluide hydraulique vers le côté de décharge du circuit avec une réception simultanée de fluide hydraulique à partir du côté de retour, et

10 - une pluralité d'actionneurs hydrauliques reliés de manière active aux côtés de décharge et de retour du circuit hydraulique par l'intermédiaire de moyens de clapet commandés individuellement et prévus pour être re-
15 liés aux moyens d'actionnement de pièce de façon à mettre ceux-ci en oeuvre, les moyens de clapet pouvant être actionnés de manière indépendante pour déplacer les moyens d'actionnement sélectivement dans l'une ou l'autre de deux directions ou pour maintenir stationnaires les moyens
20 d'actionnement.

2 - Circuit hydraulique à boucle fermée, indépendant, dans un système de commande électro-hydraulique pour robot d'un type comportant des moyens d'actionnement de pièce, caractérisé en ce qu'il comprend :

25 - une paire de moyens de conduite séparés par l'intermédiaire desquels un fluide hydraulique circule dans le circuit et comportant une pluralité de moyens de moteur hydraulique, ayant chacun un cylindre et un actionneur mobile dans ce cylindre qui est ainsi divisé en
30 chambres séparées,

 - les moyens de conduite étant reliés à des chambres respectives des moyens de moteur hydraulique et permettant la circulation de fluide hydraulique entre les moyens de moteur hydraulique;

35 - au moins l'un des moyens de moteur hydraulique comprenant un moyen de moteur d'entraînement et ce moyen de moteur d'entraînement pouvant fonctionner pour procéder

à l'introduction par pompage du fluide hydraulique à une pression relativement élevée de manière alternative dans les moyens de conduite,

- un autre moyen de moteur hydraulique comprenant
5 un moyen de moteur entraîné pouvant être mis en oeuvre par la pression du fluide provenant du moyen de moteur d'entraînement de façon à faire fonctionner les moyens d'actionnement de pièce du robot,

- un moyen de clapet principal relié aux moyens
10 de conduite entre le moyen de moteur d'entraînement et le moyen de moteur entraîné pouvant être mis en oeuvre pour diriger toujours le fluide hydraulique provenant du moyen de moteur d'entraînement vers l'un des moyens de conduite pour alimenter le moyen de moteur entraîné, à la suite de
15 quoi, l'autre moyen de conduite entre le moyen de clapet principal et le moyen de moteur entraîné renvoie le liquide hydraulique au moyen de moteur d'entraînement,

- un moyen de clapet de commande relié aux moyens de conduite entre le moyen de clapet principal et le moyen
20 de moteur entraîné pour commander le débit de fluide hydraulique allant vers le moyen de moteur entraîné ou en revenant, et

- un moyen d'accumulateur relié au moyen de conduite de retour entre le moyen de clapet principal et le
25 moyen de moteur entraîné afin de maintenir une pression minimum prédéterminée dans le circuit hydraulique et pouvant fonctionner de manière à tenir compte des variations de la quantité de fluide hydraulique dans les côtés de décharge et de retour du circuit hydraulique dues au fonctionnement
30 des moyens de moteur hydraulique.

3 - Circuit hydraulique selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il comprend un moyen d'actionneur, un moyen de réducteur de vitesse entraîné par le moyen d'actionneur, et en ce que le moyen de moteur d'entraînement
35 comprend un cylindre et un piston monté de façon à être animé d'un mouvement de va-et-vient dans le cylindre, le piston comportant des tiges s'étendant à travers les deux

extrémités du cylindre qui sont reliées au moyen de réducteur de vitesse.

4 - Circuit hydraulique selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il comprend un servomoteur à courant continu comportant un arbre d'entraînement qui est
5 relié au moyen de moteur d'entraînement.

5 - Circuit hydraulique selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'actionneur du moyen de moteur d'entraînement a la forme d'un piston alternatif, et en ce que
10 le circuit comprend un servomoteur réversible à courant continu comportant un arbre d'entraînement rotatif, et un moyen de réduction de vitesse comportant une liaison entraînée avec l'arbre du servomoteur et une liaison d'entraînement avec le piston du moyen de moteur d'entraîne-
15 ment, ce moyen de réduction de vitesse pouvant fonctionner de manière à transformer le mouvement de rotation du servomoteur en course alternative du piston.

6 - Circuit hydraulique selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'actionneur du moyen de moteur d'entraînement a la forme d'un piston alternatif et en ce
20 que le circuit comprend un servomoteur réversible à courant continu comportant un arbre d'entraînement rotatif, et un moyen de réduction de vitesse comportant une vis d'entraînement reliée à l'arbre d'entraînement du servomoteur
25 et un chariot relié au piston du moyen de moteur d'entraînement muni d'un moyen d'écrou pouvant se déplacer linéairement sur la vis d'entraînement.

7 - Circuit hydraulique selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'actionneur du moyen de moteur
30 d'entraînement a la forme d'un piston alternatif, et en ce que le circuit comprend un servomoteur réversible à courant continu comportant un arbre d'entraînement rotatif, et un moyen pouvant être actionné par le servomoteur pour transformer le mouvement de rotation de l'arbre d'entraînement du servomoteur en mouvement alternatif du
35 moyen de moteur d'entraînement.

8 - Circuit hydraulique selon la revendication 2,

caractérisé en ce qu'il comporte une pluralité des moyens de moteur entraîné ayant chacun un cylindre et un actionneur mobile dans le cylindre, et en ce que le moyen de conduite de décharge est relié au cylindre de chaque moyen de moteur entraîné à un côté de l'actionneur situé dans le cylindre, et en ce que le moyen de conduite de retour est relié au cylindre de chaque moyen entraîné à l'autre côté de l'actionneur situé dans le cylindre.

9 - Circuit hydraulique selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comprend une pluralité de moyens de clapet de commande, avec un moyen de clapet par moyen de moteur entraîné, chaque moyen de clapet de commande étant relié de manière active à un moyen de moteur entraîné respectif et pouvant fonctionner de manière individuelle de façon à relier sélectivement le moyen de conduite de décharge au cylindre de son moyen de moteur entraîné respectif à l'un ou l'autre côté de l'actionneur du cylindre ou à bloquer totalement la circulation de fluide hydraulique vers le cylindre, à la suite de quoi le moyen de moteur entraîné peut être actionné sélectivement de manière individuelle et successive suivant un ordre prédéterminé.

10 - Commande électro-hydraulique pour robot d'un type comportant un élément mobile d'actionnement de pièce, caractérisée en ce qu'elle comprend :

- au moins un moyen d'actionneur hydraulique comportant des chambres individuelles séparées par un élément d'actionneur mobile, cet élément d'actionneur étant prévu pour être relié à l'élément d'actionnement de pièce afin de faire fonctionner ce dernier;

- un servomoteur réversible à courant continu,
- un cylindre stationnaire rempli normalement de fluide hydraulique,

- un piston à double tige monté de façon à être animé d'un mouvement de va-et-vient dans le cylindre,
- un moyen entraîné par le servomoteur relié de manière active au piston de façon à faire coulisser celui-ci dans une direction ou l'autre à l'intérieur du cylindre

en fonction du sens de rotation du moteur, et

- un système hydraulique à boucle fermée comportant des côtés de décharge et de retour reliés au cylindre stationnaire aux côtés opposés du piston et à des chambres respectives du moyen d'actionneur hydraulique aux côtés opposés de l'élément d'actionneur mobile.

11 - Commande électro-hydraulique selon la revendication 10, caractérisée en ce qu'elle comprend un moyen de clapet de changement de direction de débit relié aux côtés de décharge et de retour du système hydraulique qui peut fonctionner de façon à établir une communication entre le cylindre stationnaire à l'un ou l'autre côté du piston à double tige et l'une ou l'autre des chambres du moyen d'actionneur hydraulique.

12 - Commande électro-hydraulique selon la revendication 10, caractérisée en ce qu'elle comprend un moyen d'accumulateur du type à piston relié au côté de retour du système hydraulique pour assurer une pression relativement constante dans le système hydraulique et pour tenir compte des variations de volume du fluide hydraulique dans le système dues à l'actionnement de l'élément d'actionneur mobile.

13 - Commande électro-hydraulique pour robot d'un type comportant des moyens mobiles d'actionnement de pièce, caractérisée en ce qu'elle comprend :

- une pluralité d'actionneurs hydrauliques pouvant fonctionner individuellement de façon à conférer des mouvements différents prédéterminés aux moyens d'actionnement de pièce, chaque actionneur hydraulique comportant des chambres sous pression séparées par un élément d'actionneur mobile prévu pour être associé de manière active aux moyens d'actionnement de pièce et relié à ceux-ci,

- un moteur électrique d'entraînement réversible,
- un cylindre moteur normalement rempli de fluide hydraulique,
- un piston monté de façon à être animé d'un mouvement alternatif dans le cylindre définissant des chambres

individuelles sous pression à ses côtés opposés,

- un moyen de liaison entraîné par le moteur relié de façon active au piston pour faire coulisser celui-ci dans une direction ou l'autre en fonction du sens de rotation du moteur, et

5 - un système hydraulique à boucle fermée normalement rempli de fluide hydraulique et par l'intermédiaire duquel le fluide hydraulique passe entre le cylindre moteur et les actionneurs hydrauliques, ce système hydraulique com-
10 portant des côtés de décharge et de retour reliés aux chambres de pression du cylindre moteur et aux chambres individuelles sous pression des actionneurs hydrauliques, et un moyen de clapet pour relier toujours la chambre sous pression dans laquelle le piston se déplace au côté de décharge
15 du système hydraulique et pour bloquer le débit de fluide hydraulique vers les actionneurs hydrauliques ou pour relier sélectivement le côté de décharge du système à la chambre sous pression à un côté ou l'autre de l'élément d'actionneur mobile de chaque actionneur hydraulique.

20 14 - Commande électro-hydraulique selon la revendication 13, caractérisée en ce que le moteur d'entraînement est un servomoteur à courant continu.

15 - Commande électro-hydraulique selon la revendication 13 ou la revendication 14, caractérisée en ce que
25 le moyen de liaison comprend un réducteur de vitesse.

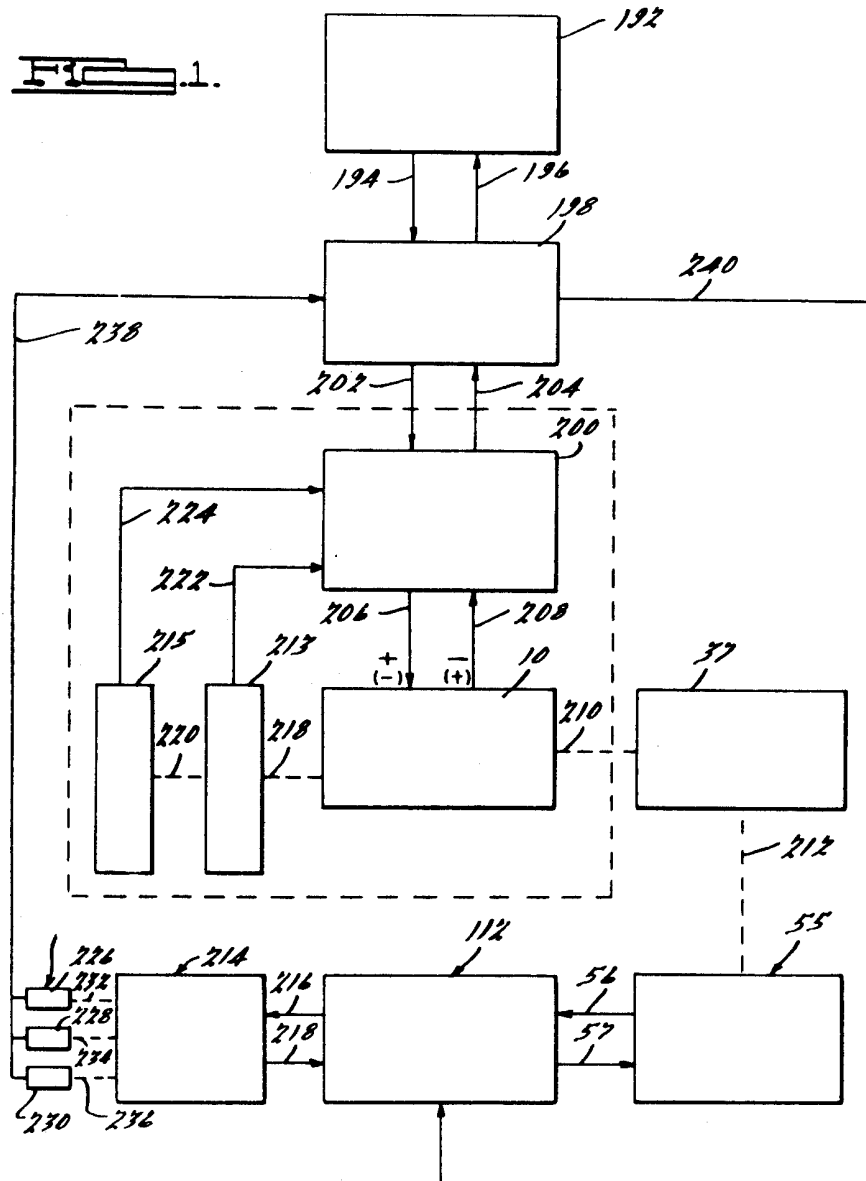
16 - Commande électro-hydraulique selon la revendication 13, caractérisée en ce que le moteur d'entraînement est un servomoteur à courant continu comportant un arbre d'entraînement rotatif, et en ce que le moyen de liaison
30 comprend un mécanisme de transformation d'un mouvement de rotation en mouvement linéaire reliant l'arbre moteur du servomoteur au piston.

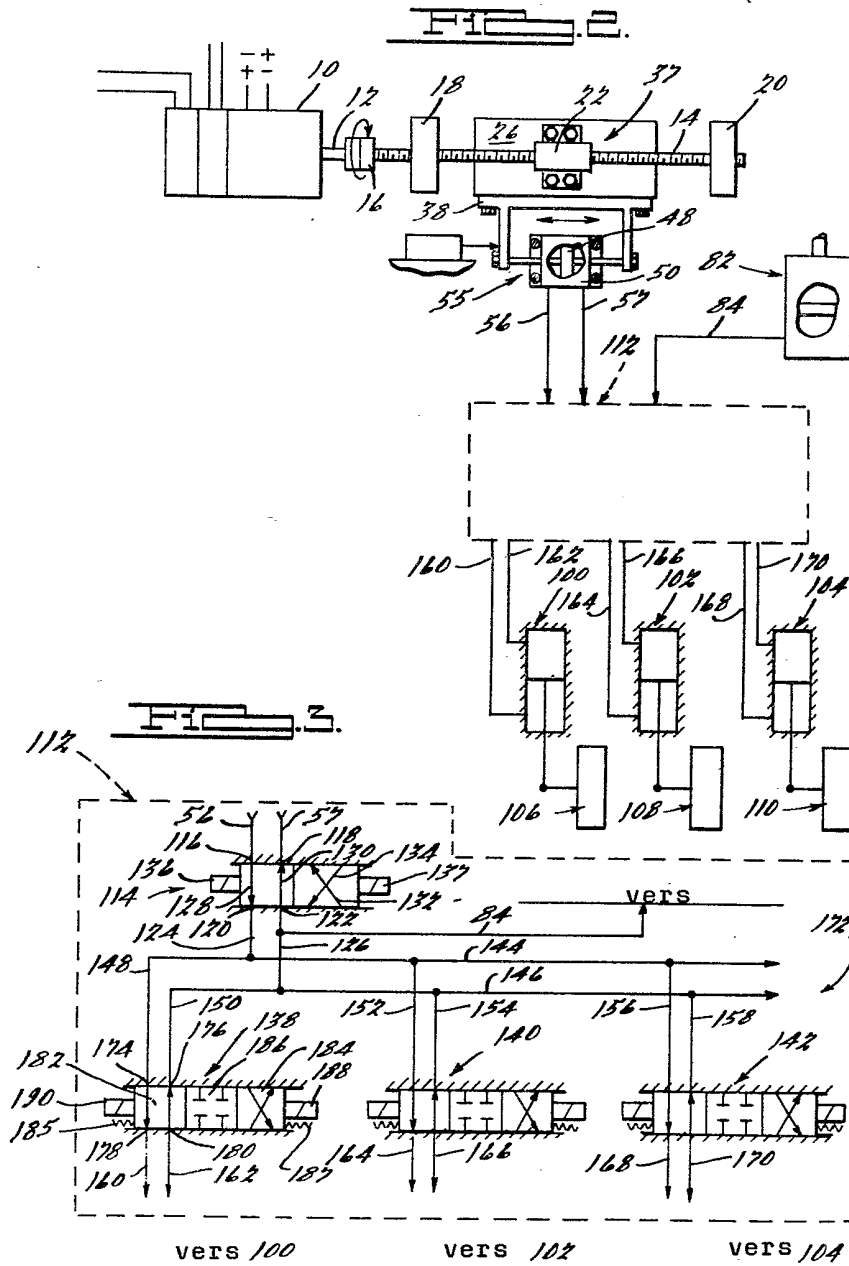
17 - Commande électro-hydraulique selon la revendication 13, caractérisée en ce que le moteur d'entraînement
35 est un servomoteur à courant continu comportant un arbre d'entraînement rotatif, et en ce que le moyen de liaison comprend un mécanisme réducteur de vitesse du type vis-

bille comportant un arbre fileté ayant une liaison entraî-
née avec l'arbre d'entraînement du servomoteur , un écrou
pouvant être avancé et reculé sur l'arbre fileté en fonc-
tion du sens de rotation de l'arbre d'entraînement, et un
5 chariot relié à l'écrou avec lequel il peut se déplacer
munie d'une liaison d'entraînement avec le piston et pou-
vant fonctionner en marche de façon à animer d'un mouve-
ment de va-et-vient ce piston dans le cylindre, à la suite
de quoi il y a un pompage alternatif du fluide hydraulique
10 entre le cylindre aux côtés opposés du piston et le côté
de décharge du système hydraulique.

18 - Commande électro-hydraulique selon les re-
vendications 13 ou 17, caractérisée en ce que le moyen de
clapet comprend une pluralité de clapets de commande asso-
15 ciés de manière active avec la pluralité d'actionneurs hy-
drauliques pour la commande du débit de fluide hydraulique
et pouvant être actionnés de manière sélective et indivi-
duelle suivant un ordre prédéterminé pour conférer leurs
mouvements respectifs aux moyens d'actionnement de pièce.

PL. I/3





FILE 4.

