



CONFÉDÉRATION SUISSE

OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

⑤ Int. Cl.<sup>3</sup>: F 41 D  
F 41 F  
F 41 F

7/06  
1/00  
9/00

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein  
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein



⑫ FASCICULE DU BREVET A5

⑪

621 624

⑲ Numéro de la demande: 10548/77

⑦ Titulaire(s):  
Pulsepower Systems, Inc., San Carlos/CA (US)

⑳ Date de dépôt: 30.08.1977

⑧ Inventeur(s):  
Lester Curtis Elmore, Portola Valley/CA (US)  
Thomas Maxwell Broxholm, Palo Alto/CA (US)

㉑ Brevet délivré le: 13.02.1981

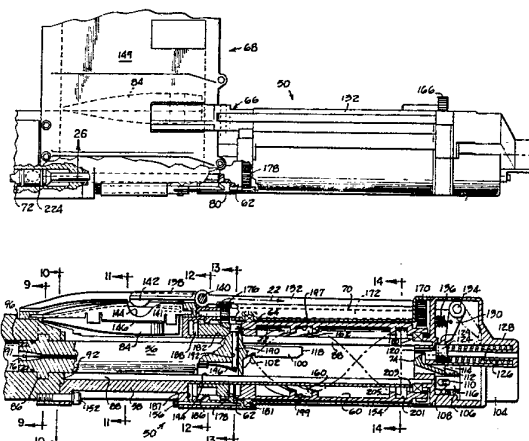
㉒ Fascicule du brevet  
publié le: 13.02.1981

㉓ Mandataire:  
Kirker & Cie, Genève

## ⑤ Canon alimenté par un liquide propulseur.

⑥ Le canon comprend un tube fixe, une came d'entraînement (60) et une came de commande (62) conçues la première pour entraîner alternativement une culasse (56) vers une position avant de tir et une position arrière de chargement de projectile (84) et la seconde pour commander un injecteur du propulseur liquide (72) et un allumeur (76). Ces came sont actionnées par un moteur agissant sur un mécanisme d'entraînement (70).

L'emploi d'un propulseur liquide réduit la charge thermique imposée au tube et permet une augmentation des cadences de tir sans érosion excessive du tube. Il permet aussi de tirer des projectiles sans douilles.



## REVENDECATIONS

1. Canon dans lequel un liquide propulseur est brûlé dans une chambre de combustion pour tirer un projectile, caractérisé par le fait qu'il comprend au moins:

- un tube de canon (52);
- une chambre de combustion (54);
- une culasse (56) montée en vue d'un mouvement axial entre une position arrière de chargement de projectile et une position avant de mise à feu;
- un moyen d'injection (72) pour injecter un liquide propulseur dans la chambre de combustion;
- un moyen d'allumage (76) pour enflammer le liquide propulseur dans la chambre de combustion (54);
- un agencement de came d'entraînement (60) pour déplacer la culasse (56) en arrière et en avant entre une position arrière et une position avant;
- un moyen d'entraînement (70, 164, 166, 168) pour actionner l'agencement de came d'entraînement (60); et
- un moyen de commande (62) pour commander le moyen d'injection de propulseur (72), ainsi que le moyen d'allumage (76) en coordination avec l'entraînement de l'agencement de came d'entraînement (60).

2. Canon suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que l'agencement de came d'entraînement (60) comprend une came rotative d'entraînement et que le moyen de commande (62) comprend une came rotative de commande.

3. Canon suivant la revendication 2, caractérisé par le fait que le moyen d'entraînement comprend des pignons (166, 168) reliant entre elles la came d'entraînement (60) et la came de commande (62), en vue d'une rotation en synchronisme.

4. Canon suivant la revendication 2, caractérisé par le fait que la came d'entraînement (60) et la came de commande (62) peuvent tourner autour d'axes qui sont parallèles à l'axe de déplacement de va-et-vient de la culasse (56), ladite culasse comprenant un élément (64) suiveur de came et l'agencement de came d'entraînement (60) comprenant une première piste hélicoïdale de came (160) qui peut coopérer avec l'élément suiveur de came (64) pour entraîner la culasse vers l'avant et une seconde piste hélicoïdale de came (162) pouvant coopérer avec l'élément suiveur de came (64) pour entraîner la culasse vers l'arrière.

5. Canon suivant la revendication 1, caractérisé par le fait qu'il comprend un moyen d'injection de liquide de refroidissement (73) pour injecter un liquide de refroidissement dans la chambre de combustion (54) afin de refroidir la structure de cette dernière après chaque coup tiré.

6. Canon suivant la revendication 5, caractérisé par le fait que le moyen d'injection de liquide propulseur (72) injecte un mono-propulseur dans la chambre de combustion.

7. Canon suivant la revendication 1, comprenant plusieurs tubes, caractérisé par le fait que le tube est prolongé par un boîtier récepteur (58) ayant une configuration extérieure qui permet de l'assembler avec d'autres boîtiers analogues de manière à former un canon à plusieurs tubes, les boîtiers récepteurs (58) des tubes adjacents coopérant de manière à former un support multiple.

8. Canon suivant la revendication 7, caractérisé par le fait que le moyen d'entraînement (70) comprend un pignon fou (166) destiné à transférer l'entraînement du mécanisme d'un des tubes à celui d'un tube adjacent de manière que tous les mécanismes des tubes d'un groupe puissent être entraînés à partir d'un moteur d'entraînement (164) unique.

9. Canon suivant la revendication 5, caractérisé par le fait qu'il comprend un moyen de commande (226, 250) pour commander l'injection du fluide de refroidissement en ce qui concerne son réglage dans le temps et la quantité de liquide de refroidissement injecté.

10. Canon suivant la revendication 1, caractérisé par le fait qu'il comprend un moyen cyclique (252, 254, 184, 62, 178, 176) pour charger et tirer automatiquement des projectiles individuels un par un successivement tant que la gâchette du canon est pressée; un moyen de détection de long feu (78) destiné à détecter un long feu d'un projectile pendant le tir automatique et associé fonctionnellement au moyen cyclique pour arrêter le fonctionnement de ce moyen cyclique après la détection d'un long feu, cela par déplacement d'une partie mécanique dudit moyen de commande (62) de l'injection et de l'allumage, de telle manière que cette partie mécanique cesse d'être en prise fonctionnelle avec le reste du moyen cyclique.

Les armes actuellement en service dans les formations militaires utilisent des cartouches à propulseur solide. Pour servir ces armes, le propulseur solide est transporté dans des douilles et celles-ci constituent une part substantielle tant du poids global que de la dimension totale de la cartouche. Dans la mise en place et dans l'utilisation des armes, ceci, en soi, impose de sérieux inconvénients et des limitations parce que le mécanisme d'alimentation en projectiles et les facilités appropriées de magasinage qu'ils imposent doivent être suffisamment grandes et suffisamment robustes pour transporter non seulement le projectile lui-même mais aussi le propulseur solide et la douille.

En outre, les propulseurs solides présentent un inconvénient supplémentaire inhérent à leur nature, du fait qu'ils donnent lieu à une forte pointe caractéristique de température. Or, pour de nombreuses batteries ou installations de ce genre, il est nécessaire de tirer par longues rafales lors d'engagements multiples. Des programmes de tir de ce genre imposent aux canons des charges thermiques très sévères, si bien que dans les armes à poudre existantes, ils produisent une érosion du tube qui est fréquente.

Les canons automatiques utilisés dans la protection anti-aérienne sont de bons exemples de canons soumis à des programmes de tirs sévères. De longues rafales de ces armes sont nécessaires afin de cumuler les chances de coups au but. Ces systèmes d'armes doivent aussi permettre une succession rapide de tirs sur des cibles nombreuses avec très peu d'intervalles, ou pas d'intervalles du tout, entre les rafales, permettant d'assurer un refroidissement adéquat. Il en résulte un problème difficile pour obtenir le refroidissement du tube et ceci est un facteur primordial pour restreindre l'efficacité du système d'armes. Au cours d'un seul engagement, la diminution de la précision du tir jointe à l'érosion prématurée du tube, peut suffire, en réalité, à supprimer la capacité de tir des canons. Comme alternative, on peut choisir d'accroître le nombre d'affûts permettant d'assurer un programme de tirs acceptable. Ceci aboutit à une augmentation de poids, à davantage de complexité, avec des problèmes de coûts plus élevés et d'entretien supplémentaires; par conséquent, c'est une solution inacceptable.

La présente invention, qui a pour but d'apporter une solution à ces problèmes, propose le canon à liquide propulseur défini dans la revendication 1.

Les canons à liquide propulseur sont caractérisés par une basse température de pointe. C'est parce qu'un liquide propulseur permet un allumage de type en bloc, qu'il est possible de l'enflammer par un dispositif à étincelle électrique immergé dans le liquide propulseur et sans qu'il soit nécessaire, au préalable, de le vaporiser avant l'inflammation. Les liquides propulseurs sont des liquides puissamment énergétiques et de densité élevée qui peuvent brûler par pulsions discontinues en produisant des pressions de combustion élevées. La combus-

tion pulsée d'un liquide propulseur peut produire des pressions de combustion de l'ordre de 700 à 5600 kg/cm<sup>2</sup> et même davantage. La valeur de la pression moyenne de combustion lors de combustions pulsées de ce genre peut être déterminée par l'étendue de la dilatation permise. Des pressions moyennes de combustion plus élevées peuvent être produites en diminuant l'importance de la dilatation admise.

Un canon à liquide propulseur présente une courbe caractéristique de pression-température plus aplatie que celle d'un canon à propulseur solide. C'est la raison pour laquelle une performance équivalente à celle obtenue par un propulseur solide pourra être atteinte à une pression moins élevée. Des cadences de tir cycliques élevées sont possibles avec un canon à propulseur liquide. Parce que le propulseur est un liquide, ce dernier peut être facilement pompé, à partir d'un lieu de stockage éloigné du canon, jusqu'à la chambre de combustion. Ceci permet une grande souplesse d'installation. Parce que le système d'alimentation en cartouches du canon à liquide propulseur ne comporte que le projectile lui-même, le système pour alimenter en projectiles peut être simplifié et rendu considérablement plus léger par rapport aux poids impliqués avec un canon de type classique. Ou bien, on peut utiliser un projectile de dimensions considérablement plus grandes et de poids plus grand, autorisant des performances supérieures, sans qu'il soit nécessaire pour autant d'augmenter la taille du mécanisme d'alimentation en projectiles. Ceci revêt une importance particulière en permettant l'utilisation de canons à liquide propulseur de calibre plus grand et leur adaptation dans des installations de tir afin de remplacer des canons à propulseur solide de calibre inférieur.

Les canons à liquide propulseur autorisent aussi l'emploi de profils plus minces permettant une configuration offrant la souplesse d'emploi souhaitable. Parce que le canon à liquide propulseur permet un profil de faible hauteur, un contour extérieur à forme dégagée, un canon à liquide propulseur à un ou plusieurs tubes peuvent être installés sur des emplacements de tir qui, sinon, ne seraient pas susceptibles de servir à un canon de type classique.

Les buts, avantages et caractéristiques de la présente invention, apparaîtront à la lecture de la description détaillée de modes de réalisation détaillés faite ci-après en référence au dessin annexé sur lequel:

la figure 1 est une vue en perspective isométrique d'un canon à liquide propulseur monotube construit conformément à un des modes de réalisation de la présente invention;

la figure 2 est une vue en perspective isométrique montrant un canon formé de trois unités telles que celle de la figure 1, rassemblées en groupement de forme plate;

la figure 3 est une vue en perspective isométrique montrant un canon formé de trois unités rassemblées en groupement de forme circulaire;

la figure 4 est une vue en élévation latérale du canon illustré sur la figure 1;

les figures 5a et 5b donnent ensemble une vue agrandie plane de dessus suivant les flèches 5-5 de la figure 4. Dans ces figures 5a certaines parties sont partiellement éclatées en vue de faire apparaître des détails de construction et la figure 5b représente la continuation de l'extrémité gauche de la figure 5a;

les figures 6a et 6b donnent ensemble une vue latérale en élévation et en coupe suivant les flèches 6-6 des figures 5a et 5b;

la figure 6b représente une continuation de l'extrémité gauche de la figure 6a. Sur la figure 6a, le plateau de came 64 est représenté comme ayant tourné de 30° pour mieux illustrer son fonctionnement. Pour observer la véritable position du plateau de came, il convient de se reporter à la figure 13;

les figures 7 à 14 sont des vues en élévation et en coupe suivant les flèches correspondantes portées sur la figure 6 (a, b);

la figure 15 est une vue en élévation d'extrémité suivant les flèches 15-15 de la figure 4;

les figures 16 à 21 sont des vues en perspective isométrique montrant la disposition de certaines pièces du canon dans les diverses phases du fonctionnement indiquées par les légendes de ces figures;

la figure 22 est une vue partielle, agrandie de la partie de la structure qu'on trouve encerclée par les flèches 22-22 sur la figure 6 (a, b). Sur la figure 22 comme sur la figure 6 (a, b), le plateau de came est montré comme ayant effectué une rotation de 30° par rapport à sa véritable position telle qu'elle est montrée sur la figure 13;

la figure 23 est une vue partielle d'extrémité, agrandie et en élévation tracée suivant les flèches 23-23 de la figure 22 mais avec le plateau de came dans la position inclinée réelle telle qu'illustrée sur la figure 13;

la figure 24 est une vue partielle d'extrémité agrandie et en élévation tracée suivant les flèches 24-24 de la figure 22, montrant le plateau de came en traits interrompus dans la position déverrouillée et en traits pleins dans la position verrouillée;

la figure 25 est une vue en plan partielle, agrandie et de dessous tracée suivant les flèches 25-25 de la figure 23;

la figure 26 est une vue partielle agrandie, de côté et en élévation tracée selon les flèches 26-26 de la figure 5b;

la figure 26 montre la position des valves commandant l'injection de l'eau et celles commandant l'injection du liquide propulseur au moment de la mise à feu du canon;

la figure 27 est une vue partielle agrandie, en élévation et de côté, analogue à celle de la figure 26 mais montrant cette fois les positions des valves d'injection de l'eau et celles commandant l'injection du liquide propulseur lorsqu'on procède au chargement de ce liquide;

la figure 28 est une vue analogue à celles illustrées sur les figures 26 et 27 et montrant les positions des valves d'injection de l'eau et des valves commandant l'injection du liquide propulseur, d'une part, au moment du refroidissement de la chambre de combustion et, d'autre part, lors des opérations de purge en cas d'incident de long feu;

la figure 29 est une vue partielle et agrandie de la partie frontale de la came de commande et elle est tracée d'une façon générale suivant les flèches 29-29 de la figure 19; la figure 29 montre l'échancrure dans la came de commande permettant le réglage de l'injection du liquide propulseur, la saillie sur la came de commande pour l'injection de l'eau, et une saillie sur la came de commande pour faire fonctionner l'allumeur;

la figure 30 est une vue partielle, plane et agrandie tracée d'une façon générale suivant les flèches 30-30 de la figure 29;

la figure 31 est une vue en plan de dessus montrant un canon à cinq tubes rassemblés en groupement de forme plate avec un moteur d'entraînement pour actionner les mécanismes des tubes ainsi que le système pour l'alimentation en projectiles;

la figure 32 est une vue d'extrémité en élévation, tracée d'une façon générale selon les flèches 32-32 de la figure 31.

La figure 32 montre comment s'effectue l'alimentation de projectiles spécifiques appropriés par la bande sans fin du convoyeur qui dessert les tubes de canon;

la figure 33 est une vue d'extrémité en élévation analogue à la figure 32 mais montrant le système d'alimentation en projectiles prévu pour trois tubes de canon rassemblés en groupement de forme circulaire;

les figures 34 à 39 illustrent différentes configurations de groupement pour des tubes de canon de la présente invention et elles montrent comment les systèmes d'alimentation en

projectiles sont agencés dans le cas des différentes configurations données à ces groupements;

la figure 40 est une vue en plan montrant une comparaison de dimensions pour des munitions de 30 mm à haute performance, l'une à liquide propulseur, l'autre à propulseur solide avec sa cartouche. Le dessin fournit aussi une indication des fimentions relatives des glissières d'alimentation requises;

la figure 41 est une vue en plan de dessus montrant une comparaison de dimensions respectivement pour un projectile de 30 mm actionné par un liquide propulseur, une munition à cartouche avec propulseur solide de type classique de calibre 20 mm pour un canon Volcan M 61, une munition à cartouche à propulseur solide de calibre 30 mm pour un Hispano Suiza 831 L. La figure 41 montre comment une munition de 30 mm à liquide propulseur possède approximativement la même longueur hors-tout qu'une munition à cartouche de type classique à poudre de 20 mm, et comment par conséquent il est possible de la substituer à cette dernière avec un minimum de modifications pour la réadaptation, dans les systèmes d'alimentation en munitions à propulseur solide de calibre 20 mm de type classique;

la figure 42 est une vue partielle et en élévation montrant les détails de l'interrupteur de long feu et de l'ergot de déplacement de la came de commande;

la figure 43 est une vue partielle en élévation tracée suivant les flèches 43-43 de la figure 42;

la figure 44 représente le schéma d'un dispositif de verrouillage détectant la pression et ayant pour rôle d'arrêter le fonctionnement d'un tube de canon dans l'éventualité d'une chute de pression dans l'alimentation du liquide propulseur.

Un canon à liquide propulseur, construit pour être conforme à un des modes de réalisation de la présente invention est, d'une manière générale, indiqué par la référence numérique 50 sur les figures 1, 4, 5, 6 et 16 à 21.

Le canon 50 comprend un tube 52, une chambre de combustion 54, une culasse 56, un prolongement du tube ou boîtier récepteur 58, une came d'entraînement 60, une came de commande 62, un plateau de came 64, un mécanisme 66 pour effectuer le chargement des projectiles à partir d'un système d'alimentation des projectiles 68, un mécanisme d'entraînement 70, des moyens d'injection 72 du liquide propulseur, des moyens de refroidissement par eau 73 et permettant aussi d'effectuer la purge, une gâchette de culasse 74, un allumeur 76, des moyens de détection d'un coup faisant long feu 78, un interrupteur «long feu» 80, le tout indiqué généralement par ces références numériques sur les figures 5 (a, b) et 6 (a, b) et sur les autres figures.

Le canon 50 représenté sur les figures utilise un liquide monopropulseur (c'est-à-dire un liquide propulseur contenant à la fois un propulseur et un oxydant) dans la chambre de combustion 54 pour la mise à feu d'un projectile 84. Toutefois, ainsi que va davantage le faire ressortir la description qui fait suite, il y a lieu de noter que la présente invention ne reste pas limitée à un canon à un seul tube ou à un canon utilisant un monopropulseur.

La culasse 56 peut effectuer un mouvement de va-et-vient entre une position arrière, de chargement de projectile (se reporter à la figure 16) et une position avant, de mise à feu de projectile (se reporter aux figures 18, 19 et 20).

Dans ce mouvement de va-et-vient, la culasse se trouve guidée par des ergots 86 (voir figure 17 et figure 9) qui s'engagent à l'intérieur de fentes de guidage 88 (voir figures 19 et 11) ménagées dans le boîtier de prolongement du tube 58, et des fentes de guidage 90 (voir figures 18 et 10) se prolongeant à travers des ergots de verrouillage 92 présentes à l'extrémité arrière du tube 52.

L'allumeur 76 est situé sur la face avant de la culasse 56 et il

comporte une électrode 91 (voir figure 6 [a, b] et figure 11) laquelle se trouve amorcée lorsqu'un plateau de came (non représenté) est déplacé par une saillie 94 sur la face avant de commande 96 de la came de commande 62 (voir figures 29 et 30). L'amorçage de l'électrode 91 fournit l'énergie électrique qui produit l'inflammation du liquide propulseur dans la chambre de combustion 54 de manière à chasser le projectile 84 à l'extérieur du tube 52. L'inflammation peut aussi s'effectuer par compression ou par injection d'un produit chimique dans le liquide propulseur.

La face avant de la culasse 56 comporte un joint étanche 96 qui se trouve le mieux représenté sur la figure 6.

L'extrémité arrière de la culasse 56 comporte un prolongement 100 qui coopère avec le mécanisme 68 de chargement de projectile de manière à extraire le projectile du support à pince élastique du système 66 d'alimentation en projectiles (d'une manière que l'on décrira plus en détail ci-après) lorsque la culasse est déplacée vers l'arrière dans la position de chargement de projectile.

Le prolongement de culasse 100 dispose aussi d'un linguet de retenue 102 qui coopère avec le cliquet de la gâchette 74 pour maintenir la culasse dans la position arrière quand la détente du canon est relâchée et que le solénoïde de gâchette n'est plus excité.

Une tige 106 actionnant la gâchette est reliée au solénoïde arrière 104 et comporte une fente 108 (se reporter à la figure 6). Une goupille 110 se déplace à l'extrémité inférieure du bras de pivot et est reliée à l'extrémité inférieure du bras de pivot 112 de la gâchette 74. Le bras 112 pivote autour d'un pivot de gâchette 114 qui se trouve à califourchon sur la cavité du ressort. Ainsi que le montre la figure 6 (a, b) un ressort 116 sollicite normalement le cliquet de gâchette 74 vers une position de retenue de culasse, mais l'excitation du solénoïde de gâchette 104 fait tourner le cliquet de la gâchette 74 vers le bas dans la position de relâchement de la culasse (ceci se trouve le mieux illustré sur la figure 21).

La face d'extrémité 118 du prolongement de culasse 100 peut porter contre la face 120 d'une pièce 124 appuyée à l'arrière par un ressort qui actionne le mécanisme 66 de chargement du projectile. La face arrière de la pièce 124 procure un siège d'appui de ressort pour une extrémité du ressort de rappel de culasse 126 (voir la figure 6, a, b). L'autre extrémité du ressort de rappel de culasse 126 s'appuie contre la face interne d'un capot arrière 128.

La pièce 124 possède une saillie 129 qui la prolonge vers le haut et qui vient coopérer avec un levier de manœuvre 130 du mécanisme de chargement de projectile 66. L'extrémité supérieure du levier de manœuvre 130 est reliée à une tige de poussoir 132 par un assemblage par goupille et un ressort 136 maintient l'extrémité inférieure du levier de manœuvre 130 enclenchée avec la saillie 129 s'étendant vers le haut.

L'extrémité avant de la tige-poussoir 132 est reliée à un levier coudé 138 de chargement de projectile par un assemblage à goupille 140. Le bras qui s'étend vers le bas du levier coudé 138 de chargement de projectile est relié au prolongement de tube 58 par un pivot de levier de chargement 141.

Le bras se prolongeant vers l'avant du levier 138 possède une extrémité inférieure 142 qui est positionnée dans une échancrure supérieure 144 qui se trouve sur le support à pince élastique 146 destiné à un projectile 84. Ce projectile est aligné sur l'extrémité supérieure d'une voie de passage 148 de réception de projectile dans le prolongement de tube 58 (voir les figures 10 et 11).

L'engagement du prolongement de culasse 100 avec la tige 122 fait mouvoir l'extrémité inférieure du levier de manœuvre 130 autour du pivot constitué par le raccordement au ressort 136 et déplace la tige 132 vers l'avant. Ceci fait pivoter le levier coudé 138 autour du pivot 141 et saisit un projectile 84

pour l'extraire du support à pince élastique 146 du convoyeur à bande sans fin 149 (voir la figure 32) du mécanisme 68 d'alimentation en projectiles.

Le projectile tombe dans la voie de passage 148 et dans l'âme du prolongement de tube en avant de la culasse 56. Le mouvement vers l'avant de la culasse 56 pousse ensuite le projectile à l'intérieur du tube 54 et le projectile 84 est alors «pompé» c'est-à-dire mu vers l'avant (dans la position illustrée sur la figure 6a) contre le cône d'emboîtement 150 sous l'effet du propulseur liquide injecté dans la chambre de combustion. Ceci va être décrit plus en détail ci-après.

Le tube 52 est relié au boîtier de prolongement de tube 58 par des vis à tête 152 (voir figure 6a). Un couvre-came 154 est fixé au boîtier de prolongement de tube 58 par des vis à tête 156 comme le montre aussi la figure 6a.

La came d'entraînement 60 comporte deux voies de came ou fentes de poussée 160 et 162 de forme hélicoïdale et dans lesquelles vient s'engager le plateau de came 64, ce qui fait effectuer à la culasse 56 un mouvement de va-et-vient, d'avant en arrière pendant le fonctionnement du canon. La voie hélicoïdale 160 fait déplacer la culasse 56 vers l'avant et la voie hélicoïdale 162 fait déplacer la culasse 56 vers l'arrière.

La came d'entraînement 60 est allongée axialement de sorte que les angles de came ne soient pas trop hauts, et la came d'entraînement est actionnée pour tourner plus vite que la came de commande 62.

Comme cela est le mieux illustré sur les figures 1 à 3 et 31, le système d'entraînement est actionné par un moteur 164. Le moteur d'entraînement 164 fait tourner un pignon fou 166, et ce pignon fou est en prise avec un pignon 168 formé sur le diamètre extérieur de la came d'entraînement 60 à l'extrémité arrière de celle-ci.

La figure 15 illustre comment ce même pignon fou 166 est utilisé pour transférer le mouvement d'un tube au tube adjacent dans le cas d'une disposition en groupement.

L'entraînement de la came de commande 62 est assuré par un pignon de prise de force 170 d'arbre secondaire, un arbre secondaire 172, un pignon d'engrenage 174 d'arbre secondaire, un pignon fou 176 et un pignon 178 formé sur le diamètre extérieur de la came de commande 62 (comme cela est le mieux représenté sur les figures 6 et 16 à 21 incluses). On voit que la came de commande 62, de ce fait, tourne dans le sens opposé à celui de la came d'entraînement 60, ainsi qu'il est indiqué par les flèches sur la figure 17.

Dans un mode de réalisation particulier de la présente invention, les rapports de démultiplication sont tels que la came d'entraînement 60 tourne quatre fois plus vite que la came de commande 62.

La came d'entraînement 60 est montée en vue de sa rotation sur un tube 58 par des paliers 180 (à l'extrémité arrière de la came d'entraînement) et 181 (à l'extrémité avant de la came d'entraînement). (Voir la figure 6.)

La came de commande 62 est montée en vue de sa rotation sur une surface 182 du boîtier de prolongement de tube 58 et elle est normalement retenue dans une position axiale fixe par rapport au boîtier de prolongement de tube 58, par deux nez de came 184 faisant saillie radialement à la périphérie extérieure de la came de commande 62 (voir la figure 12). Les nez de came 184 se déplacent à l'intérieur de la rainure annulaire 186 dans le boîtier de prolongement de tube 58. Lors d'un fonctionnement normal du canon, les nez de came 184 se déplacent dans la rainure 186 et la came de commande 62 est maintenue dans une position axiale fixe telle que celle illustrée par la figure 6a, le pignon 178 étant en prise avec le pignon 176. Toutefois, le boîtier de prolongement de tube 58 dispose devant la came de commande d'un espace dégagé 188 qui permet à celle-ci d'être déplacée axialement en avant et de se dégager de la liaison d'entraînement avec le pignon fou 176

dans l'éventualité d'un long feu. Dans cette condition de fonctionnement, telle qu'elle est illustrée par la figure 43 et qui fera ci-après l'objet d'une description plus détaillée, l'interrupteur de long feu 80 porte contre l'un des nez ou lobes de came 184 pour faire déplacer vers l'avant la came de commande 62. Le nez de came qui se trouve engagé par l'interrupteur de long feu est dévié vers une voie latérale 187 à extrémité aveugle, et l'autre nez de came pénètre sur une surface dégagée.

Comme mieux illustré sur les figures 6a et 13, le plateau de came 64 est un élément cylindrique à l'extrémité extérieure d'une tige 190. La tige 190 est montée pour accomplir un mouvement axial à l'intérieur d'un alésage 192 se prolongeant radialement et se trouvant à l'extrémité arrière de la culasse 56. La partie inférieure de la culasse 56 possède une rainure évidée 194 et un ressort à lames 196 est monté dans la rainure 194 de manière à porter contre l'extrémité inférieure de la tige 190. Le ressort 196 sollicite le plateau de came radialement vers l'extérieur et le fait porter contre les surfaces associées de la came d'entraînement 60 et, durant l'espace de temps pendant lequel la culasse 56 se trouve dans la position avant pour la mise à feu du projectile, contre la surface de grand diamètre 206 et la surface de petit diamètre 208 présents sur le boîtier de prolongement de tube 58 (voir la figure 24). Ceci va être décrit plus loin de manière plus détaillée.

Pendant le mouvement d'entraînement vers l'avant de la culasse 56, la surface extérieure du plateau de came 64 porte contre la surface 199 de la voie avant 160 de la came d'entraînement (voir les figures 6a, 17 et 22). Pendant l'entraînement vers l'arrière de la culasse 56, la surface extérieure du plateau de came 64 porte contre la surface 197 de voie de came hélicoïdale 162.

La came d'entraînement 60 comporte des surfaces de repos, ou d'arrêt momentané, à son extrémité avant et à son extrémité arrière. Ces surfaces d'arrêt momentané permettent une giration à chaque extrémité de la came d'entraînement bidirectionnelle.

La zone d'arrêt momentané arrière comprend une surface 201 limitée par un rebord arrière 203 s'étendant radialement vers l'intérieur et un rebord avant 205 s'étend vers l'intérieur (figure 6a). Cette surface d'arrêt momentané à l'arrière de la came d'entraînement maintient la culasse 56 en position de retrait à partir du moment où le plateau de came 64 quitte la voie de retour 162 de la came jusqu'à ce que la came d'entraînement ait tourné et occupe une position où une ouverture dans le rebord 205 placé à l'avant permette au ressort de rappel de culasse 126 et à la pièce 124 de déplacer le plateau de came 64 à l'intérieur de la voie vers l'avant 160 de la came d'entraînement.

Dans un mode de réalisation particulier de la présente invention (où, comme il a déjà été noté plus haut, le rapport de démultiplication du nombre de tours de la came d'entraînement comparé à celui de la came de commande, est de 4 à 1 lors de chaque cycle de fonctionnement), le plateau de came 64 repose sur la surface d'arrêt momentané de giration quand la came d'entraînement 60 effectue une rotation de 0,6 tour. La voie hélicoïdale d'entraînement en avant 160 fait mouvoir le plateau de came vers l'avant pour chaque 0,8 tour de la came d'entraînement 60. Le plateau de came se déplace vers l'arrière pour 0,8 tour de la came d'entraînement et repose sur l'aire d'arrêt momentané à l'avant pendant approximativement 1,8 tour de la came d'entraînement 60.

Quand la culasse 56 atteint l'extrémité avant de son parcours, elle doit avoir tourné de 45° (comme illustré sur la figure 13) pour venir verrouiller les saillies ou ergots 86 présents sur la culasse devant les saillies ou ergots 92 du tube 52 (voir la figure 18).

La construction de l'extrémité avant de la came d'entraînement 60 et la structure reliée à cette dernière appartenant au

boîtier de prolongement de tube 58 et à la face arrière de la came de commande 62 sont le mieux illustrés sur la vue partielle agrandie de la figure 22.

Comme mieux illustré sur la figure 22, quand le plateau de came 64 quitte l'extrémité avant 160 de la voie d'entraînement avant 160, le côté arrière du plateau de came 64 se trouve dans une zone d'arrêt momentané avant 198, de sorte qu'en continuant de tourner, la came d'entraînement 60 ne peut continuer de faire avancer la culasse 56.

Toutefois, la came d'entraînement 60 possède une fente 200 (voir les figures 22 et 23) située à l'extrémité de sortie avant de la voie d'entraînement avant 160 de la came, de sorte que le ressort 196 (se reporter à la figure 6) vient pousser la moitié arrière du plateau de came 64 vers l'extérieur et dans cette fente 200 dès que le mouvement alternatif vers l'avant de la culasse se trouve achevé. La rotation de la came d'entraînement 60 dans le sens des aiguilles d'une montre indiquée par la flèche sur la figure 17, fait alors tourner le plateau de came et la culasse de 45° pour placer cette dernière dans la position de verrouillage illustrée sur la figure 18.

Au même moment, la moitié arrière du plateau de came 64 vient se placer dans la fente 200, la moitié avant du plateau de came 64 vient engager la surface de grand diamètre 206 du boîtier de prolongement de tube 58 (voir figure 24). Cette surface 206 possède une rampe 206a qui diminue de diamètre lorsque la culasse a tourné de 45° jusqu'à la position de verrouillage jusqu'à ce que le diamètre soit le même que celui de la surface 208. Cette rampe 206a pousse le plateau de came vers le bas depuis la position de prolongement vers l'extérieur ou position sortie indiquée en traits interrompus sur la figure 24 et jusqu'à la position de retrait représentée en trait plein sur la figure 24.

La surface 208 vient ensuite porter contre le haut de la moitié avant du plateau de came 64 afin de retenir celui-ci dans la position rétractée à l'intérieur de la rainure 198 de la came d'entraînement 60 jusqu'à ce que la mise à feu du projectile à partir de la chambre de combustion soit terminée et que la culasse 56 soit prête à tourner en arrière de 45°, d'abord dans la position de déverrouillage, et ensuite soit poussée vers l'arrière pour occuper la position de chargement du projectile, ce mouvement résultant de l'engagement du plateau de came 64 à l'intérieur de la voie arrière 162 de la came d'entraînement.

Tandis que le plateau de came 64 reste maintenu dans la position rétractée illustrée sur la figure 24 par suite de son contact fixe avec la surface 208 à l'extrémité de la rampe 206, la came d'entraînement 60, bien entendu, continue de tourner par rapport au plateau de came 64, la moitié arrière de celui-ci étant engagée dans l'aire ou zone d'arrêt momentané de la face échancrée 198. Au même moment, la face arrière 210 de la came de commande 62 tourne en sens inverse des aiguilles d'une montre par rapport au plateau de came 64, ainsi qu'indiqué par les flèches des figures 18 et 19.

La face arrière 210 de la came de commande comporte un coin de recul et de déverrouillage de culasse 212 qui fait saillie extérieurement sur cette face arrière. Lorsque ce coin tourne et vient porter contre le plateau de came 64, il commence par faire tourner le plateau de came et la culasse de 45° en sens inverse des aiguilles d'une montre (ainsi que l'indique la figure 20) de manière à aligner les ergots 86 avec les fentes 90 de manière à déverrouiller la culasse. En poursuivant sa rotation, la came de commande 62 fait mouvoir le plateau de came 64 axialement vers l'arrière et à l'intérieur de l'extrémité d'entrée avant de la voie 162 d'entraînement vers l'arrière, au moment où cette extrémité avant de la voie de came 162 débouche en face de l'aire ou zone de repos avant 198. La rotation poursuivie de la came d'entraînement 60 engendre le mouvement

alternatif de la culasse 56 vers une position arrière, celle de chargement du projectile.

Le canon 50, tel qu'il figure sur les figures, utilise un liquide monopropulseur, c'est-à-dire un liquide propulseur qui possède à la fois un combustible et un oxydant. Les mélanges d'hydrazine, de nitrate d'hydrazine et d'eau, sont des exemples de monopropulseurs qui peuvent être utilisés. Toutefois, les propulseurs mis au point pour des applications aux torpilles possèdent des caractéristiques physiques qui permettent des performances dans des conditions de sécurité et de manutention qui les rendent aptes à une utilisation dans le cadre de la présente invention. Ceci est compréhensible puisque les propulseurs pour torpilles doivent satisfaire à des exigences de longévité suffisante et être compatibles avec les conditions d'environnement confiné comme celles qui prévalent à bord d'un sous-marin où toute caractéristique défavorable, que ce soit du point de vue de la toxicité, de la manutention ou de la sécurité, est totalement inadmissible.

Le liquide propulseur est emmagasiné soit au voisinage soit à distance du canon 50 et il est acheminé jusqu'au dispositif d'injection 72 grâce à un tuyau flexible 216 représenté sur les figures 18 et 19. La pression d'alimentation du liquide propulseur est fournie soit par une pompe soit par un sous-système accumulateur (non figuré). En permettant d'éviter les exigences requises pour le volume de la pompe pour permettre de satisfaire les flux de pointe que nécessitent les tirs en rafale, l'accumulateur, de ce point de vue, est préférable. Le circuit d'alimentation du propulseur comporte un système de verrouillage sensible à la pression (voir figure 44) qui grâce à un capteur détecte la pression du propulseur et arrête le fonctionnement de tout un groupe (en rang ou circulaire) de canons, par la fermeture de la valve principale d'alimentation de liquide propulseur et en arrêtant le fonctionnement du moteur actionnant l'entraînement lorsque la pression d'alimentation baisse au-dessous d'un niveau déterminé. Ceci permet d'éviter des remplissages incomplets de liquide propulseur.

Les dispositifs d'orifices et de valves de commande pour commander l'injection du liquide propulseur dans la chambre de combustion 54 sont mieux illustrés sur les figures 5 (a, b), 8, 18 et 26 à 28 du dessin.

Comme mieux illustré sur la figure 26, la paroi du tube 52 possède un perçage axial 218 sur un côté de la chambre de combustion 54, et le tuyau souple d'amenée 216 du liquide propulseur est relié à un orifice 220 à une extrémité dudit perçage. Un orifice 222 relie l'autre extrémité du perçage à un drain d'évacuation.

Une valve à tiroir 224 est montée en vue d'un mouvement axial à l'intérieur du perçage 218 et la manœuvre de la position de cette valve à tiroir 224 s'effectue grâce à la tige de manœuvre de valve 226 qui est reliée à une extrémité du tiroir 224 de la valve. L'autre extrémité de la tige 226 porte contre la face de devant 96 (voir la figure 29) de la came de commande et cette face agit comme un plateau de came.

Un orifice 228 fait communiquer le perçage axial 218 avec la chambre de combustion 54.

Le tiroir 224 de la valve comporte des joints d'étanchéité annulaires à chacune de ses extrémités et la tige 226 est rendue étanche par un joint d'étanchéité 232 ainsi que le montre la figure 26.

La face de came 96 de la came de commande 62 est formée par une rampe évidée 234 qui commande la durée pendant laquelle s'effectue l'injection du liquide propulseur par les orifices 220 et 228. Sous l'effet de la pression du liquide d'alimentation, la tige de commande 226 est sollicitée vers la droite (comme le montre la figure 26) de sorte que l'extrémité du plateau de came de la tige 226 est maintenue contre la face 96 de la came de commande 62 en rotation.

Dans la position de mise à feu, le tiroir 224 est positionné

par la tige de commande 226 de manière à dégager l'orifice 228 (comme illustré sur la figure 26).

La figure 27 illustre la position du tiroir 226 par rapport à l'orifice 228 lorsque la partie évidée 234 de la came de commande 62 a tourné jusqu'à une position dans laquelle la tige de commande descend d'abord dans la partie évidée 234. Le tiroir 224 est déplacé vers la droite dans le perçage ou alésage 226 pour ouvrir l'orifice de communication 228 en vue d'une communication avec l'orifice 220, d'où il s'ensuit que le liquide propulseur coule dans la chambre de combustion sous l'effet de la pression régnant dans le circuit d'alimentation du liquide propulseur. La pression du liquide propulseur entrant produit un effet de pompage qui fait avancer le projectile 84 dans la position illustrée par la figure 6b. La rampe inclinée dans la partie évidée 234 pousse la tige de commande 226 vers la gauche et en arrière dans la position illustrée par la figure 26 lorsque l'extrémité du plateau de came de la tige de commande 226 retourne vers la surface plane de la face de devant 96 de la came de commande 62. De ce fait, la quantité de liquide propulseur injectée se trouve déterminée par la pression du circuit d'alimentation et par la longueur et l'inclinaison angulaire de la partie évidée 234.

Ainsi que le montre la figure 29, la face avant 96 de la came de manœuvre 62 possède une saillie 94 contre laquelle porte un plateau de came sollicité par un ressort. L'électrode 92 est alimentée lorsque le plateau de came de l'allumeur se trouve lui-même actionné par la saillie 94 à la suite du remplissage de la chambre de combustion 54 par le liquide propulseur.

Un refroidissement interne par eau est obtenu grâce aux moyens 73 d'injection de liquide de refroidissement.

Dans l'intervalle entre les coups, le dispositif 73 effectue directement l'injection d'une petite quantité d'eau à l'intérieur de la chambre de combustion 54. Du fait que l'eau vient directement en contact avec les surfaces chaudes de l'âme du canon, on obtient des taux élevés de transfert de chaleur. L'efficacité du refroidissement interne par eau permet une prolongation importante de la durée des rafales et une augmentation de leur fréquence dans le cas d'un canon automatique tirant à des cadences cycliques élevées; il autorise aussi une augmentation importante de la durée des cycles d'utilisation des canons fonctionnant à des cadences cycliques plus faibles comme c'est le cas pour les excavations de type ordinaire.

Dans un mode de réalisation particulier de la présente invention, l'eau est utilisée comme liquide de refroidissement parce qu'elle est facilement disponible. Bien entendu, on peut aussi utiliser d'autres liquides refroidisseurs, mais la description qui fait suite concerne spécifiquement l'usage de l'eau en tant que liquide de refroidissement.

L'un des modes de réalisation de la structure de valve réalisée pour effectuer le refroidissement interne se trouve illustrée sur les figures 5 (a, b), 26 et 28. Comme illustré par ces figures, la paroi du tube 52 du canon comporte un perçage axial 236. Un tiroir 238 de valve est monté en vue d'un mouvement alternatif à l'intérieur du calibre et, à chaque extrémité, ce tiroir possède des joints d'étanchéité 240.

Un orifice 242 d'admission d'eau est relié à une extrémité du perçage 236, et un tuyau souple est fixé à cet orifice 242 pour le faire communiquer avec un circuit d'alimentation d'eau sous pression.

Un orifice 244 fait communiquer le perçage 236 avec la chambre de combustion 54.

Le tiroir de valve 238 est directement relié au tiroir de valve 224 par un prolongement de la tige 226 de sorte que le tiroir 238 de valve d'eau de refroidissement se déplace à l'unisson avec le tiroir de valve 224 servant à l'injection du liquide propulseur.

Les joints d'étanchéité 246 et 248 permettent d'isoler la partie de la tige 226 qui s'étend entre les perçages 236 et 218.

Dans la position de mise à feu occupée par les tiroirs de valves (comme illustré sur la figure 26), le tiroir de valve 238 bloque l'écoulement de l'eau dans l'orifice 234 et l'écoulement des gaz de combustion s'échappant de l'orifice 244.

D'une manière similaire, le tiroir 238 de valve d'injection d'eau se trouve dans la position de charge de liquide propulseur telle qu'illustrée par la figure 27 pour bloquer l'écoulement passant par l'orifice 244.

Toutefois, immédiatement après la mise à feu, la came de commande 62 tourne dans une position dans laquelle une saillie 250 vient déplacer vers la gauche la tige de commande 226 (par rapport à la figure 28) et ceci, sur une distance suffisante pour ouvrir l'orifice 244. Cette saillie 250 permet pendant une courte période l'injection de l'eau de refroidissement dans la chambre de combustion (grâce au passage formé par les orifices 242, le perçage 236 et l'orifice 244) avant que l'extrémité du plateau de came de la tige de commande 226 ne vienne déplacer vers le bas en l'écartant la saillie 250 et retourne se placer sur la face plane 96. Cette petite quantité d'eau est vaporisée par la paroi chaude de la structure de la chambre de combustion et totalement transformée en vapeur. Pendant la durée de l'injection de cette eau, l'orifice 228 peut être maintenu fermé par la portée 224 ou, bien selon les dimensions de la saillie 250, l'orifice 228 peut aussi s'ouvrir pour permettre d'évacuer les gaz et la vapeur de la chambre de combustion vers l'atmosphère (par l'orifice 228, le perçage 218 et l'orifice d'aération 222).

Ainsi, immédiatement après chaque coup tiré, les moyens d'injection 73 du liquide de refroidissement sont ouverts et une quantité d'eau mesurée se trouve injectée directement dans la portion avant de la chambre de combustion 54. L'eau pulvérisée est dirigée directement sur les surfaces de la chambre de combustion du canon. La quantité d'eau est mesurée pour qu'elle soit à coup sûr totalement transformée en vapeur.

Le projectile suivant 84, au cours de l'opération de chargement et du pompage qui le pousse vers l'avant dans la chambre, va refouler en avant dans le tube la totalité de la vapeur et de l'eau restées dans la chambre. Après la mise à feu, les éléments résiduels sont expulsés vers l'extérieur du tube lorsque le projectile traverse l'âme du tube.

Si l'on suppose que la répartition de la vapeur d'eau dans le tube est la même que celle des produits de combustion normalement obtenus à partir du liquide propulseur, le poids du gaz (vapeur) qui est poussé par le projectile est légèrement inférieur à celui engendré quand un coup est tiré en utilisant un propulseur solide de type classique. Ceci est dû au poids moléculaire légèrement inférieur des produits de combustion et de la vapeur d'eau.

Le refroidissement interne par eau est optimisé de manière qu'il ne soit pas injecté une quantité d'eau supérieure à celle qui doit être vaporisée. De ce fait aucun désavantage ne pourra affecter l'accélération de la masse inerte. La quantité d'eau injectée est commandée par la zone d'arrêt momentané de la surface 250 de la came de commande 62.

Le chauffage et le refroidissement d'une surface d'âme de tube de canon est un phénomène extrêmement passager. L'analyse du processus instantané de transfert de la chaleur est complexe et les méthodes pour déterminer le coefficient de transfert de chaleur effectif dans ce cas, ne sont pas bien établies. Toutefois, l'exemple suivant, basé sur des conditions moyennes, permet d'illustrer l'efficacité du refroidissement interne par eau.

Si l'on considère une vitesse de 1220 m/s comme la vitesse initiale à la bouche d'un canon de 35 mm à liquide propulseur, les caractéristiques importantes sont les suivantes:

|                                                      |                      |
|------------------------------------------------------|----------------------|
| Poids du projectile                                  | 544 g                |
| Vitesse initiale                                     | 1220 m/s             |
| Charge (propulseur)                                  | 453 g                |
| Energie cinétique du projectile à la bouche du canon | 40,500 kg m          |
| Cadence de tir                                       | 750 coups par minute |

Les estimations du réchauffement du tube pour chaque coup sont calculées en utilisant l'équation de Corner («Théorie sur les calculs de balistique intérieure des canons», J. Corner, édité 10 chez John Wiley & Son, page 141) où la perte de chaleur Q est:

$$Q = X (1/2 W_1 V^2)$$

$W_1$  = masse «effective» du projectile  
 $V$  = vitesse initiale  
 $X$  = environ 0,3 (valeur maximale)

Dans le cas des caractéristiques du canon de 35 mm (1220 m/s LPG),  $Q = 17\,033$  kgm (ou 40,5 kilocalories).

Le refroidissement du tube de canon s'effectue par une injection directe sur les surfaces chauffées internes. En supposant que la température initiale de l'eau est 21,1°C la capacité d'absorption de chaleur de l'eau injectée (en incluant la chaleur spécifique et la chaleur de vaporisation) est approximativement de 617 kilocalories/kg. Après chaque coup, la quantité d'eau requise pour un refroidissement complet est alors de:

$$\frac{40,5 \text{ kcal/coup}}{617 \text{ kcal/kg H}_2\text{O}} \text{ ou } \frac{0,066 \text{ kgH}_2\text{O}}{\text{coup}}$$

Dans une arme automatique à tir rapide, la durée de l'intervalle disponible entre les coups pour le refroidissement, se trouve limitée par le coefficient de transfert de chaleur. Lors d'une cadence de tir de 750 coups/minute, la durée du cycle par coup est de 80 millisecondes.

Le coefficient de transfert de chaleur peut être estimé de la manière suivante:

$$q = hA \Delta T$$

$q$  = coefficient de transfert de chaleur en kcal/heure  
 $A$  = surface en  $\text{cm}^2$   
 $T$  = différence de température °C

Pour évaluer le taux de transfert de la chaleur, les hypothèses suivantes ont été faites:

#### a) $\Delta T$

Des élévations de température de la surface de l'âme allant de 648°C à 760°C en une milliseconde ont été mesurées dans des canons à liquide propulseur au commencement d'un tir. Du fait qu'une injection rapide d'eau de refroidissement a lieu immédiatement après la mise à feu dans le présent procédé, de grandes différences de températures moyennes existent au cours du processus de refroidissement.

Ici on a support  $\Delta T = 260^\circ\text{C}$ .

#### b) Surface

La surface de l'âme de la chambre est de 346  $\text{cm}^2$ . On suppose que l'eau de refroidissement est effectivement pulvérisée sur une surface au moins équivalente à celle-ci, c'est pourquoi la surface utile couverte par la pulvérisation a été supposé être de 346  $\text{cm}^2$ .

#### c) Coefficient de transfert de chaleur

De l'eau pulvérisée sur une surface très chaude se met à bouillir violemment et est rapidement vaporisée. Dans ce cas

8

les coefficients de transfert de chaleur sont très élevés. Des coefficients de l'ordre d'environ  $147 \cdot 10^4 \text{ kcal/m}^2/^\circ\text{C}$  sont courants. Ici, dans le cas présent, ce coefficient de transfert de chaleur a été présumé être  $122,5 \cdot 10^4 \text{ kcal/m}^2/^\circ\text{C}$ .

5 En se basant sur ces considérations, le taux de la quantité de chaleur transférée a été estimé à:

$$q = (122,5 \cdot 10^4 \text{ kcal/m}^2/^\circ\text{C}) \times (337 \cdot 10^{-4}) \times (260^\circ\text{C})$$

$$= \frac{1,2 \text{ kcal } 107}{\text{hr}} \text{ ou } 0,3276 \cdot 10^4 \text{ kcal/sec.}$$

15 Du fait qu'un refroidissement complet par coup requiert l'élimination de 40,6 kcal, le temps nécessaire au refroidissement est

$$t = \frac{40,6 \text{ kcal}}{0,33 \text{ kcal/sec}} = 12,4 \text{ msec.}$$

20

Avec une durée totale de cycle par coup de 80 millisecondes, il y a donc un temps amplement suffisant disponible pour le refroidissement.

L'exemple ci-dessus est un cas idéal où il est présumé une 25 distribution parfaite de l'eau de refroidissement sur les surfaces chaudes. En réalité, dans la pratique, un refroidissement complet n'est pas obtenu, mais une portion substantielle de la chaleur reçue par le canon est cependant enlevée. Ceci joue un rôle d'impact primordial sur l'efficacité du programme de tir et 30 celle du système d'armes.

La figure 28 illustre quelle est la disposition des tiroirs de valve 238 et 224 dans le cas d'un long feu, lorsqu'il s'avère souhaitable de purger la chambre de combustion 54 de tout le liquide propulseur qui s'y trouve. Dans ce cas, l'ensemble de la 35 came de commande 62 est déplacé axialement vers l'avant par le contacteur de détection de long feu 80, et ceci fait déplacer la tige de commande 226 vers la gauche dans la position indiquée sur la figure 28 où les tiroirs de valve 238 et 224 sont maintenus dans cette position. L'eau de refroidissement 40 s'écoule de manière continue dans la chambre de combustion par la fenêtre d'entrée 244 pour l'admission du liquide de refroidissement; elle remplit alors complètement la chambre de combustion 54 et la purge de tout le liquide propulseur qui se trouve évacué par la fenêtre 228 et par l'évent 222.

45 Un système à déclenchement chronométré, non figuré, ferme l'arrivée de l'eau par le tuyau flexible 241 (voir figure 7) après une période de temps suffisante pour assurer une purge complète de la chambre de combustion.

Ainsi que cela a été décrit ci-dessus dans le présent exposé, 50 le contacteur de long feu 80 est manœuvré par les moyens 78 de détection du long feu (voir figure 5).

Les moyens 78 pour déceler le long feu comportent un piston à gaz 252 monté pour effectuer un mouvement de va-et-vient à l'intérieur d'un cylindre 254 et sollicité par un ressort 256 vers le côté droit (tel que le montre la figure 5) 55 jusqu'à la position illustrée sur la figure 5 où un rebord 258 est en prise avec un anneau d'arrêt à ressort 260.

Une biellette 262 relie le piston 252 au contacteur de long feu 80 de sorte que le contacteur 80 est normalement sollicité 60 par le ressort dans la position illustrée sur la figure 5 et dans laquelle le contacteur de long feu 80 est aligné axialement avec les nez de came de la came de commande 62.

Un orifice 264 fait communiquer l'âme du tube avec l'intérieur du cylindre 254 sur la face arrière du piston 252.

65 Un orifice 266 de mise en communication avec l'atmosphère est situé dans la paroi du cylindre pour faire communiquer l'intérieur du cylindre 254 avec l'atmosphère.

Lorsqu'un coup est tiré, les gaz pressurisés derrière le pro-

jectile s'écoulent par l'orifice 264 pour mouvoir momentanément vers l'avant le piston à gaz 252 (vers la gauche ainsi que le montre la figure 5) à l'intérieur du cylindre 254. Ceci a pour effet de tirer le contacteur de long feu 80 vers l'avant et en dehors de l'alignement avec le nez de came 184 de la came de commande, et ceci assez longtemps pour permettre à ce nez de came de dépasser le contacteur de long feu sans l'engager.

Toutefois, si un long feu se produit, le piston à gaz 252 reste immobile et le contacteur de long feu 80 vient en prise sur le nez de came 184 de manière à faire dévier celui-ci dans une voie en cul-de-sac 187 (voir la figure 43 et la figure 6) tandis que l'autre nez de came 184 pénètre sur une surface dégagée. Ceci fait déplacer axialement vers l'avant la came de commande 62 dans l'échancrure 188 (voir la figure 6) pour dégager le pignon 178 du pignon fou 176, et la rotation de la came de commande 62 s'arrête.

Le réglage dans le temps de la manœuvre laisse la culasse 56 maintenue en position verrouillée et la frette fermée.

De plus, ainsi que cela a été souligné plus haut, le mouvement vers l'avant de la came de commande 62 pousse la valve de remplissage 224 de liquide propulseur vers l'avant en ouvrant l'orifice de remplissage 228 de la chambre de combustion sur la fenêtre 222 à l'arrière du perçage 218, de manière à permettre de purger la chambre de combustion 54 du liquide propulseur qu'elle contient. En même temps, la valve d'admission pour l'eau 238 est poussée vers l'avant afin d'ouvrir l'orifice 244 d'injection de l'eau, et l'eau purge alors toute la chambre de combustion 54 en empêchant la surchauffe et en neutralisant le coup.

Le désengagement de la came de commande a pour effet de mettre hors fonction ce tube de canon particulier, mais il n'arrête pas le dispositif général d'entraînement. C'est pourquoi les autres tubes, en groupement horizontal c'est-à-dire par rangée ou bien en groupement cylindrique peuvent continuer de fonctionner et poursuivre le tir. Dans cette situation opérationnelle limitée, le fonctionnement se poursuit néanmoins jusqu'au moment où pourra intervenir le service d'entretien. Les projectiles qui étaient destinés au tube hors service passent au-dessus de celui-ci et sont éjectés à l'extrémité de la zone alimentée du convoyeur à bande sans fin.

Si un projectile est manquant dans le circuit alimenté par le convoyeur, un système mécanique synchronisé maintient un arrêt de retenue sur la valve de remplissage du liquide propulseur 224 afin d'empêcher l'ouverture de celle-ci. Alors que le tube poursuit son cycle de fonctionnement, un pseudo-long feu prend place et la mise hors service a lieu de la manière qui vient d'être décrite ci-dessus.

Du fait qu'un remplissage complet du liquide propulseur dépend de la pression du fluide dans le circuit d'alimentation du liquide propulseur avec le circuit d'injection d'un mono-propulseur tel que décrit ci-dessus, une défaillance de pression sur le circuit d'alimentation du liquide propulseur pourrait occasionner un remplissage incomplet de liquide. Dans le canon décrit, lorsque la pression d'alimentation baisse inopinément au-dessous d'un niveau déterminé, un circuit synchrone de détection de la pression (voir figure 44) arrête le fonctionnement du groupement tout entier (groupement horizontal ou groupement circulaire de tubes).

Le système d'alimentation en projectiles est mieux illustré sur la figure 31.

Le mécanisme d'alimentation en projectiles 68 utilise un convoyeur à bande sans fin 149 de type court, lequel est entraîné par un barbotin 270 monté sur le moteur d'entraînement 164.

Comme mieux illustré par la figure 32, le convoyeur 140 rejoint un mécanisme de transfert 272 qui reçoit les projectiles 84 provenant d'un système classique ou sans courroie articulée, pour leur alimentation. Le mécanisme de transfert 272

comporte un système baladeur qui permet de choisir, à partir de lots séparés de projectiles, et de passer d'un type à un autre d'approvisionnement selon les munitions. Les berceaux à fixation à ressort 146 constituent les éléments principaux du convoyeur 149. Les talons à l'extrémité des berceaux à fixation à ressort glissent dans des goulottes de guidage placées dans le bâti du convoyeur. Les berceaux sont couplés de manière à constituer une chaîne flexible, sans fin.

Deux configurations d'exécution du convoyeur 149 sont illustrées sur les figures 31, 32 et sur la figure 33. Sur les figures 31 et 32 un convoyeur plat passe au-dessus d'un groupement horizontal de tubes et sur la figure 33 on voit un convoyeur circulaire enveloppé autour d'un groupement circulaire comportant trois tubes.

La configuration avec un convoyeur à plat illustrée sur les figures 31 et 32 offre une démonstration du schéma du chargement qui dépend d'une coordination unique de séquences. Sur la figure 32 un rang aligné de cinq tubes se trouve desservi par le convoyeur 149; ils sont indiqués par des repères de 1 à 5. Le convoyeur déplace les projectiles 84 de droite à gauche et ils se trouvent numérotés par groupes de 5, c'est-à-dire (5, 4, 3, 2, 1) (10, 9, 8, 7, 6) etc. Les modules sont également numérotés (5, 4, 3, 2, 1) et sont chargés dans la séquence 1 à 5, et bien entendu, la mise à feu est effectuée au cours de la même séquence. Dans le convoyeur, l'espacement de centre à centre des projectiles (44,5 mm pour 30 mm) correspond à  $\frac{1}{2}$  de l'espacement de centre à centre des modules (88,9 mm pour 30 mm).

On va supposer que le projectile 1 est en position pour être chargé sur le module 1. A ce moment, le levier de chargement du module éjecte le projectile du convoyeur et le fait entrer dans le module. Entre les chargements, le convoyeur se déplace de 44,5 mm. Le projectile 2 qui se trouvait au départ à une distance de 44,5 mm de la position de chargement sur le module 2 est maintenant arrivé en position pour être chargé. Le projectile 3 est maintenant à une distance de 44,5 mm du module 3 et il arrivera en temps voulu à sa position de chargement. Les chargements s'effectuent suivant cette progression jusqu'à ce que le projectile 5 se trouve chargé dans le module 5, ce projectile ayant parcouru une distance de 177,8 mm tandis que les autres projectiles étaient chargés. A partir du moment où le projectile 5 a été chargé, les projectiles 10, 9, 8, 7 et 6 se sont déplacés pour venir occuper les positions qu'avaient au départ les projectiles 5, 4, 3, 2, 1. Le processus se poursuit à une cadence parfaite, avec le projectile 6 venant d'être chargé sur le module 1, le projectile 7 sur le module 2 et ainsi de suite. Ce schéma de chargement peut s'appliquer à n'importe quel nombre de modules.

Le convoyeur circulaire pour un groupement circulaire 3 de modules, montré sur la figure 33, utilise le même schéma de chargement que celui qui vient d'être décrit plus haut. Du fait que le convoyeur est circulaire, les berceaux peuvent prendre la forme de poches montées sur une structure en forme de roue. Un minimum de 6 berceaux ou poches sont nécessaires pour permettre d'alimenter correctement le groupement de modules. Neuf poches sont montrées sur la figure 33 pour réduire la vitesse du convoyeur dans sa rotation et la force centrifuge imposée aux projectiles, ce qui permet aussi de réduire la force exercée sur les projectiles par les leviers de chargement des modules.

Dans les figures 32 et 33, la flèche A désigne le point où a lieu le transfert des projectiles à partir du mécanisme de transfert 272 et la flèche B désigne l'orifice d'éjection des projectiles éventuellement rejetés par des modules hors fonction.

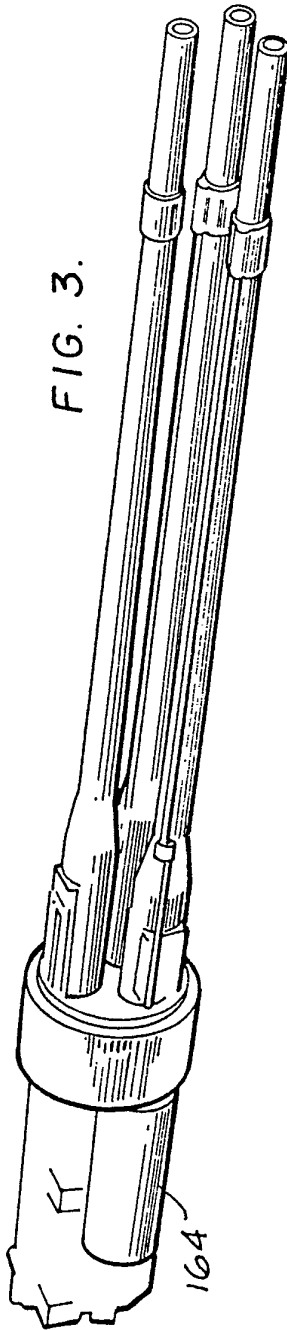
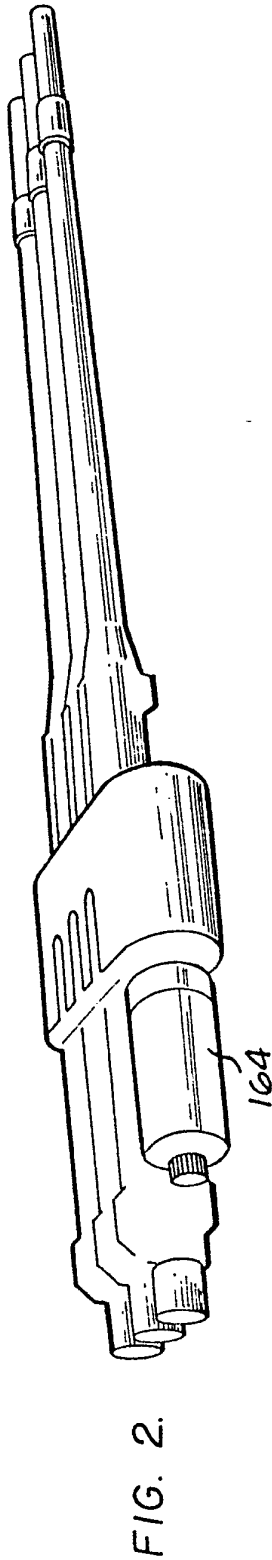
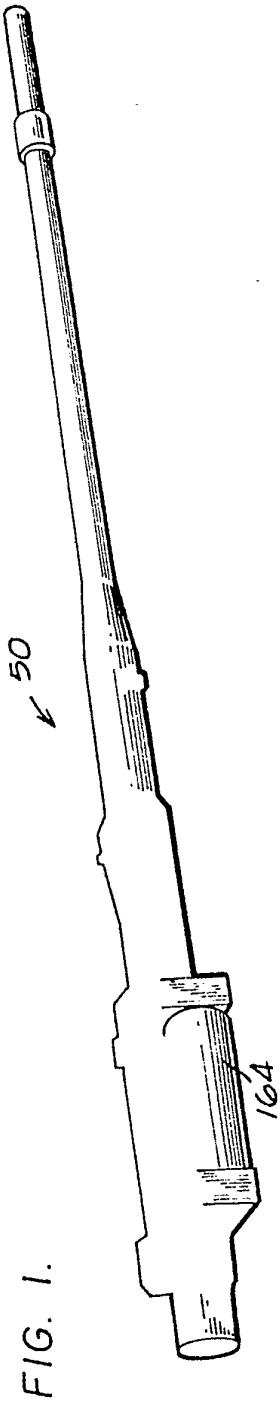
D'autres configurations de modules se trouvent illustrées sur les figures 34 à 39 et sont disposées de manière à recevoir les projectiles grâce au mécanisme de chargement 68 qui vient d'être décrit ci-dessus.

Le canon de la présente invention peut recevoir des adaptateurs de recul similaires à ceux qui équipent le canon M 61 dans le but de réduire les forces de recul. Un rang aligné, un groupement circulaire, ou des tubes peuvent être supportés mutuellement à l'arrière du tube de chaque pièce par un dispositif d'accouplement qui les réunit et qui reçoit une paire (ou davantage) d'adaptateurs de recul. Une structure d'accouplement supplémentaire supporte l'arrière des tubes et insère une courte glissière permettant l'adaptation pour le parcours du recul. Dans ce dispositif d'accouplement mentionné, il est prévu de pouvoir y incorporer une mire pour les forages.

L'impact que peut avoir sur la conformation d'un canon le fait de fonctionner sans douilles est le mieux illustré par la figure 41 où l'on compare un projectile pour canon à liquide propulseur de 30 mm (pour le canon décrit), à une munition à douille de calibre 20 mm de type classique pour le canon

M 61. En raison de la longueur et du diamètre qui sont similaires entre le projectile à liquide propulseur et la munition à propulseur solide, il est possible de substituer le projectile de 30 mm à la douille existante de 20 mm. Bien entendu, quelques modifications seront requises en raison de légères différences de configuration, mais le volume global reste très sensiblement le même.

La figure 40 compare les diamètres d'un projectile de 30 mm pour canon à liquide propulseur avec la douille et la dimension de projectile pour utilisation classique avec propulseur solide, également de 30 mm. Cette figure illustre graphiquement l'économie tant en place qu'en poids qui peut être réalisée pour les systèmes d'alimentation en projectiles dans les calibres de 30 mm grâce au canon à liquide propulseur selon la présente invention.



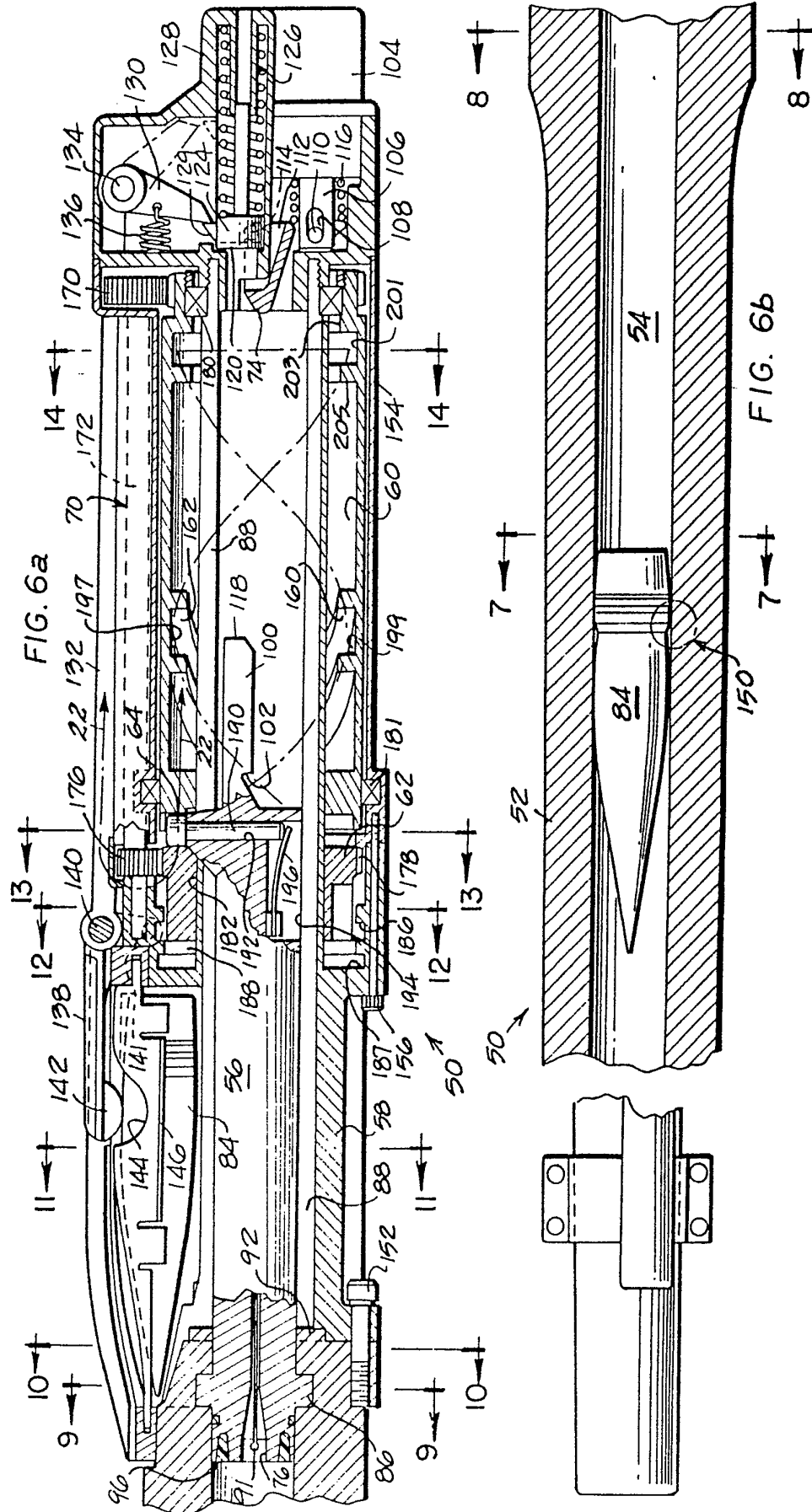
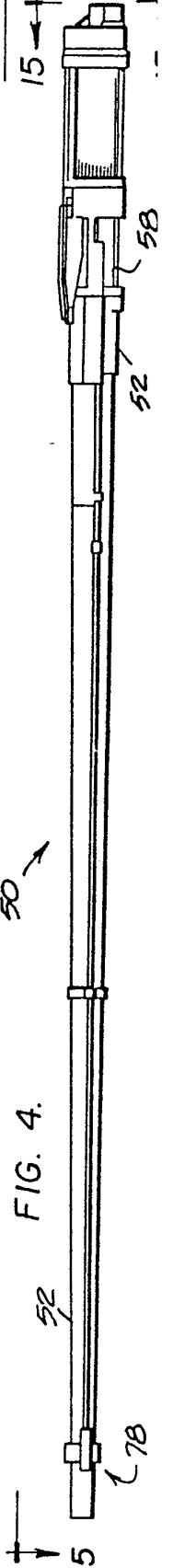
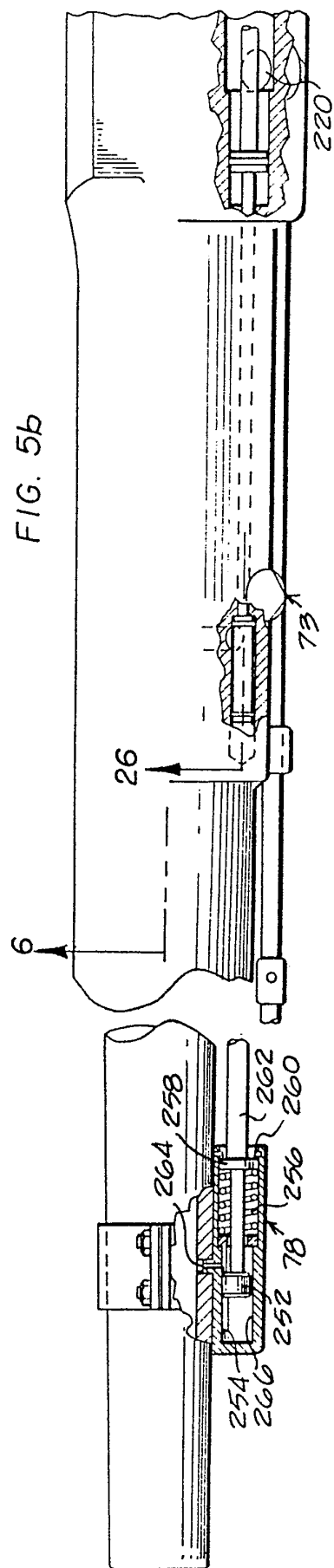
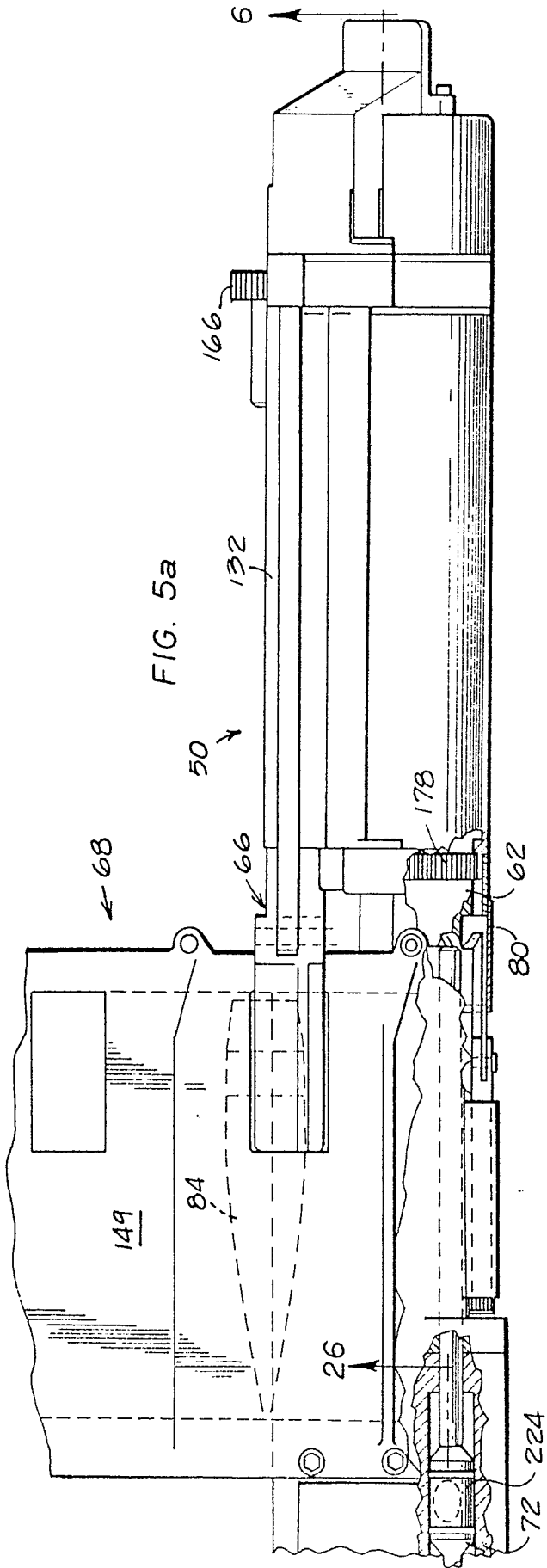


FIG. 4.





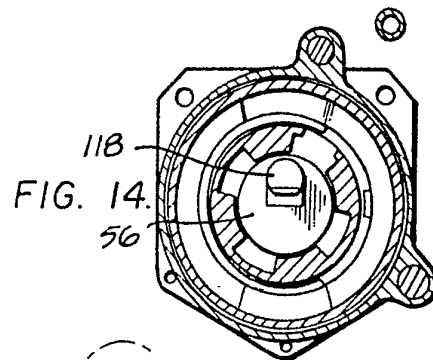
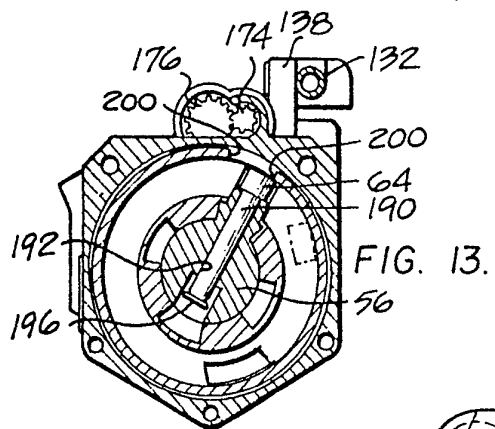
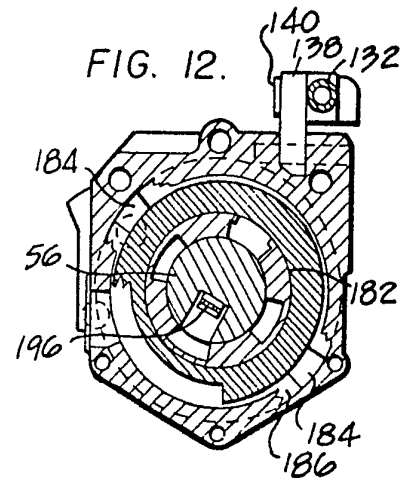
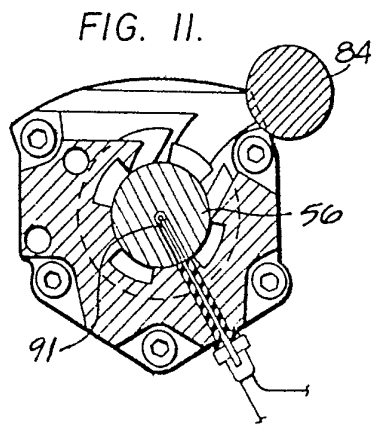
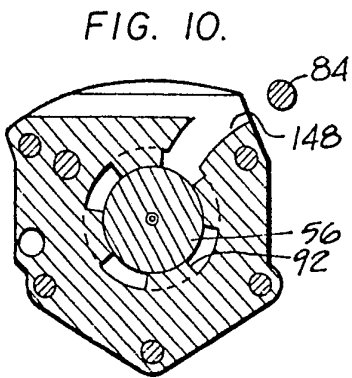
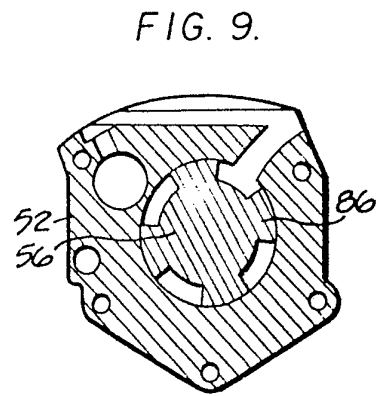
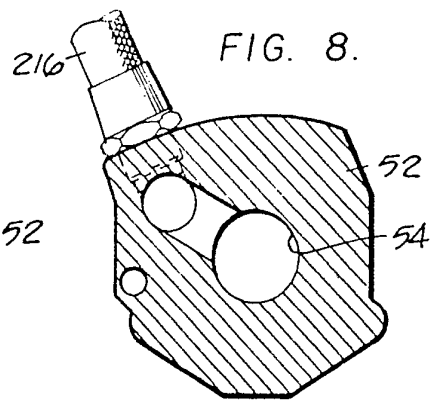
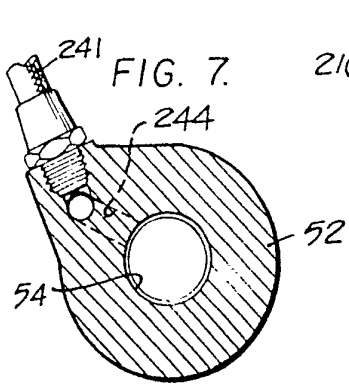
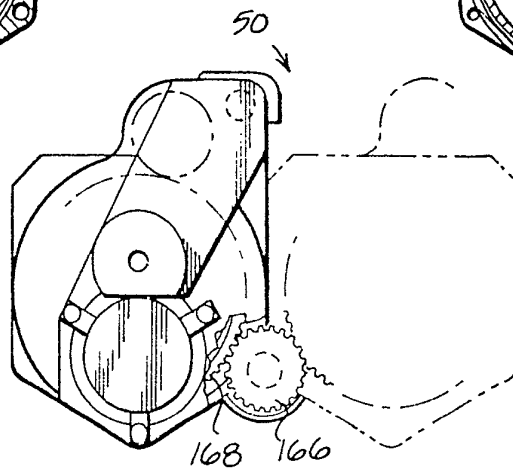
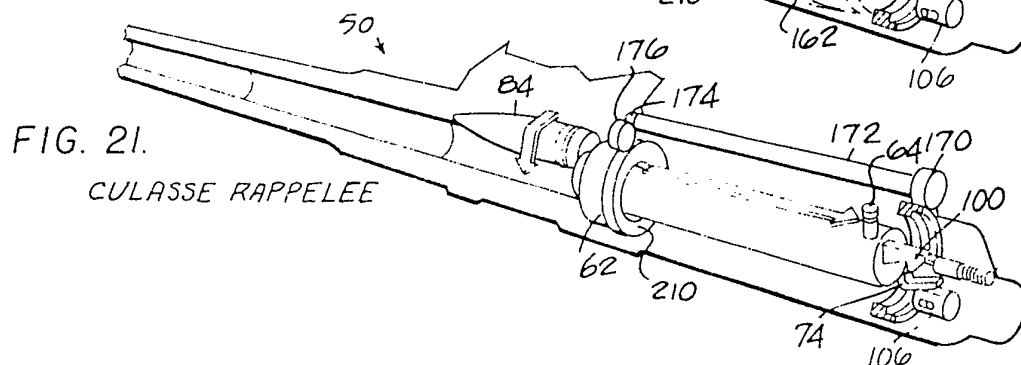
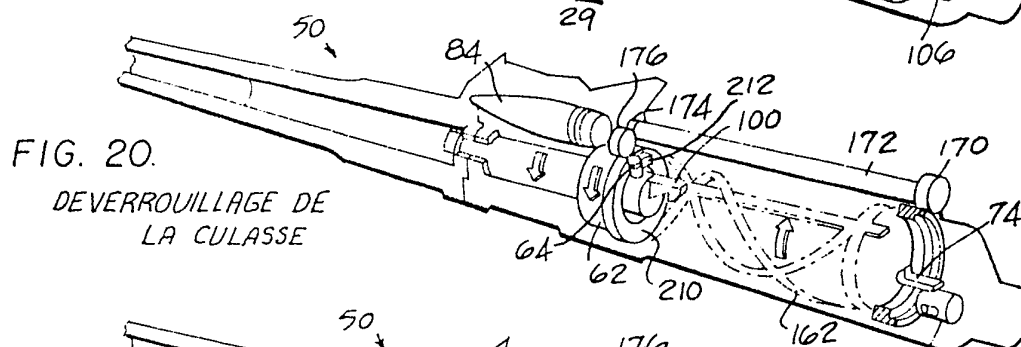
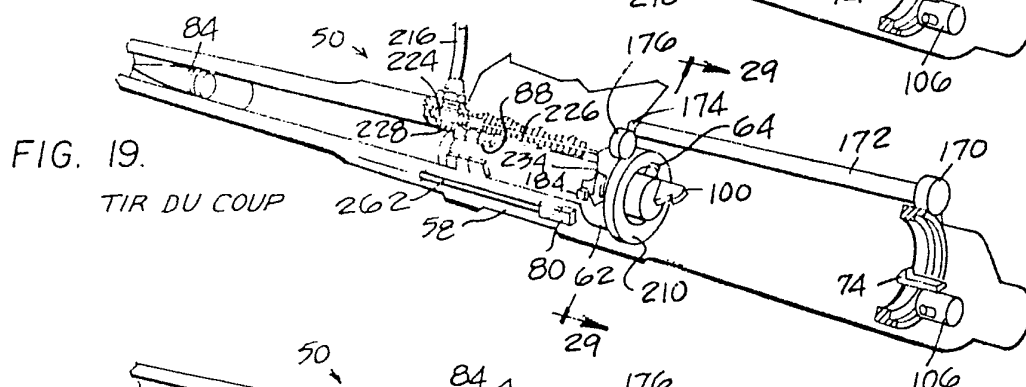
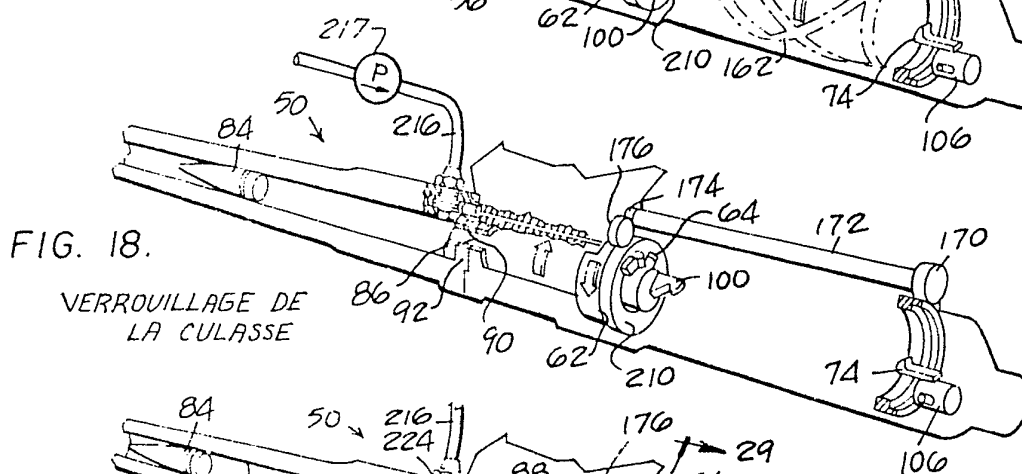
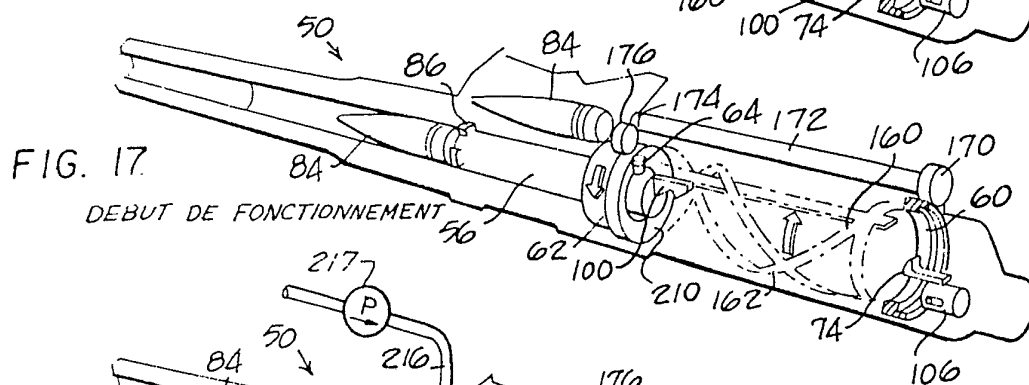
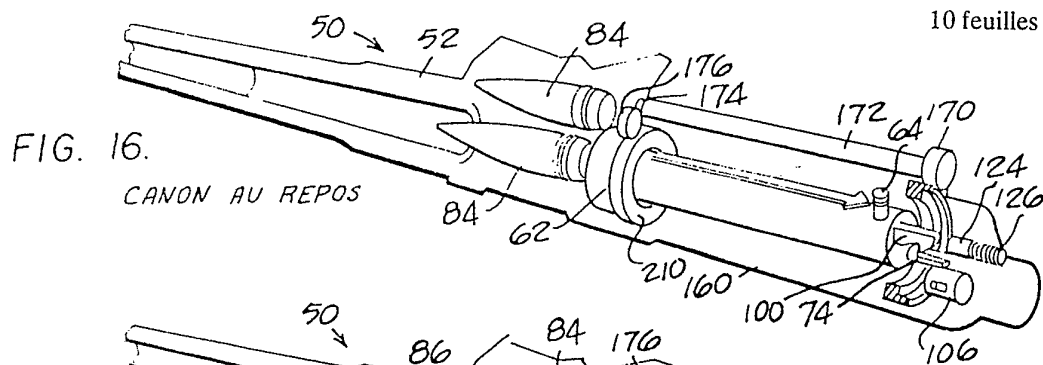


FIG. 15.





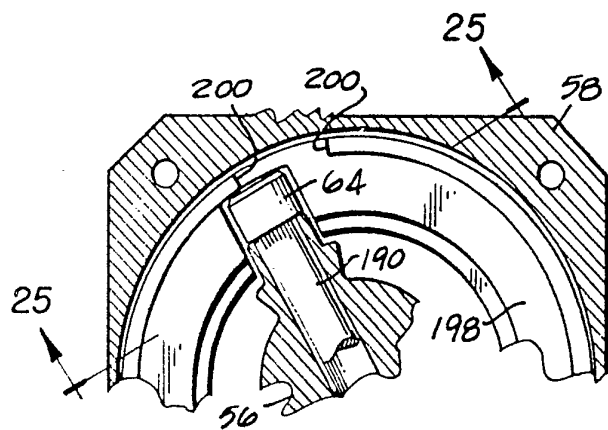
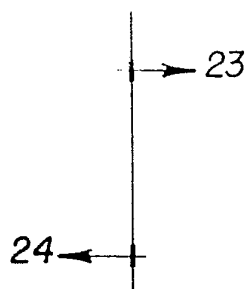
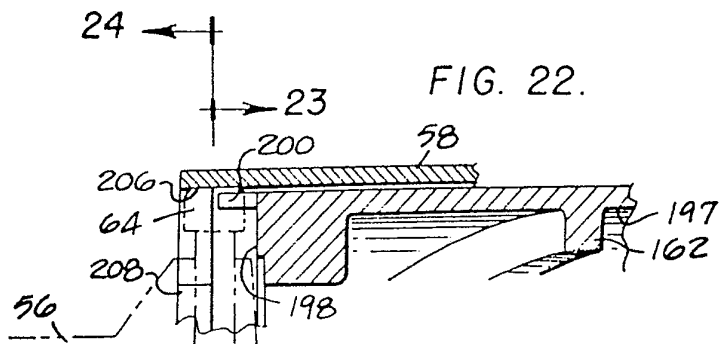


FIG. 23.

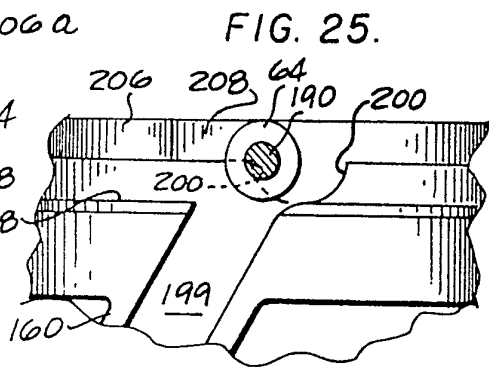
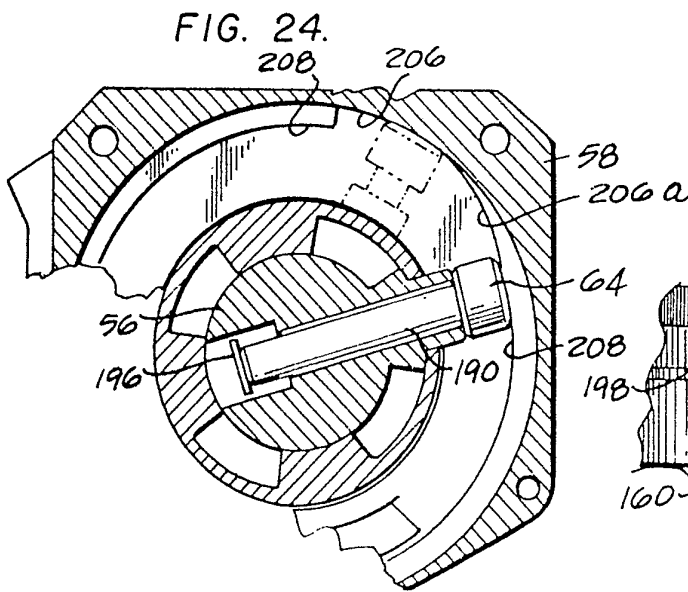


FIG. 26.

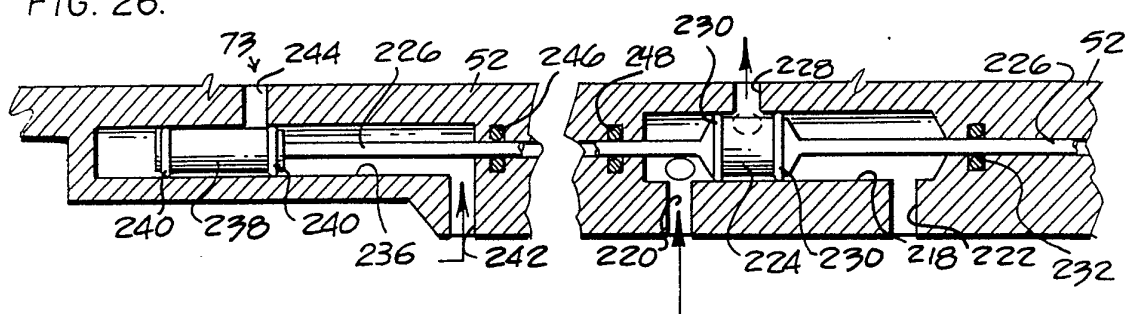


FIG. 27.

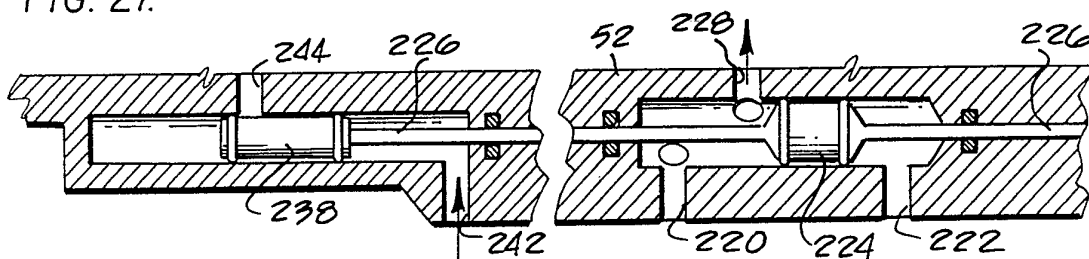


FIG. 28.

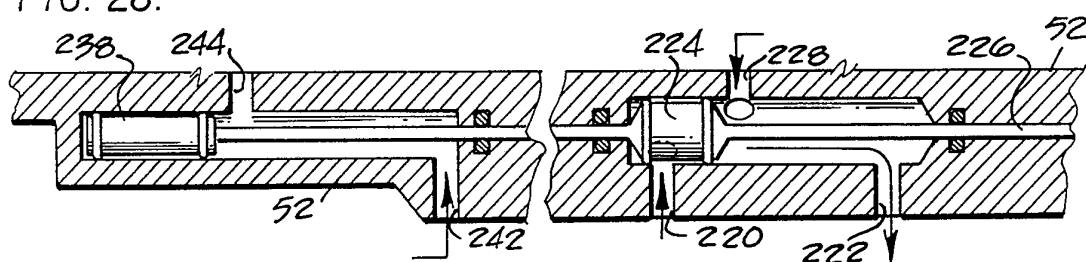


FIG. 29.

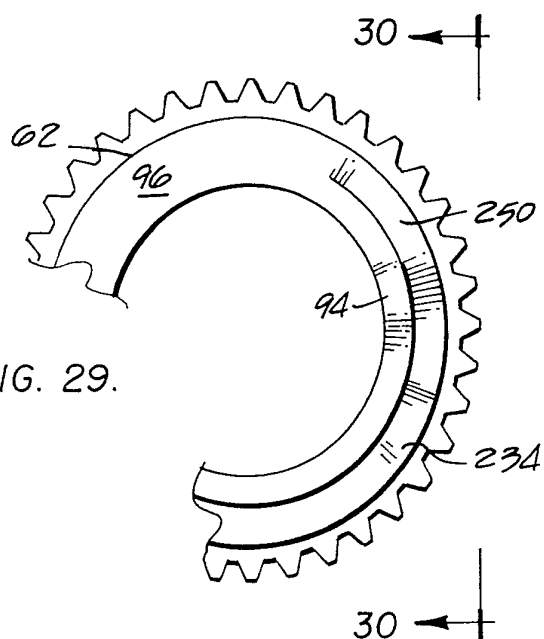
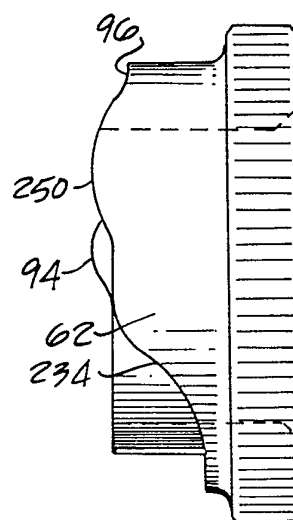
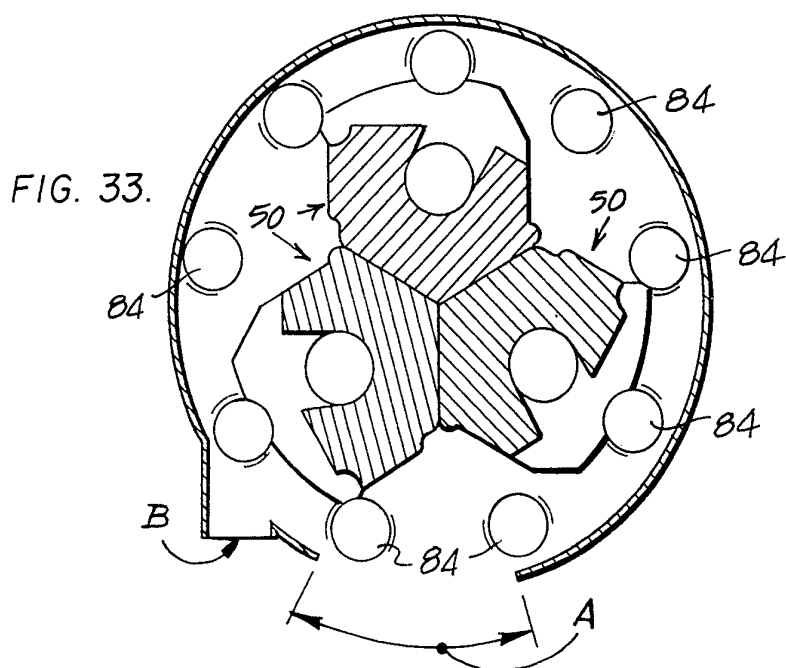
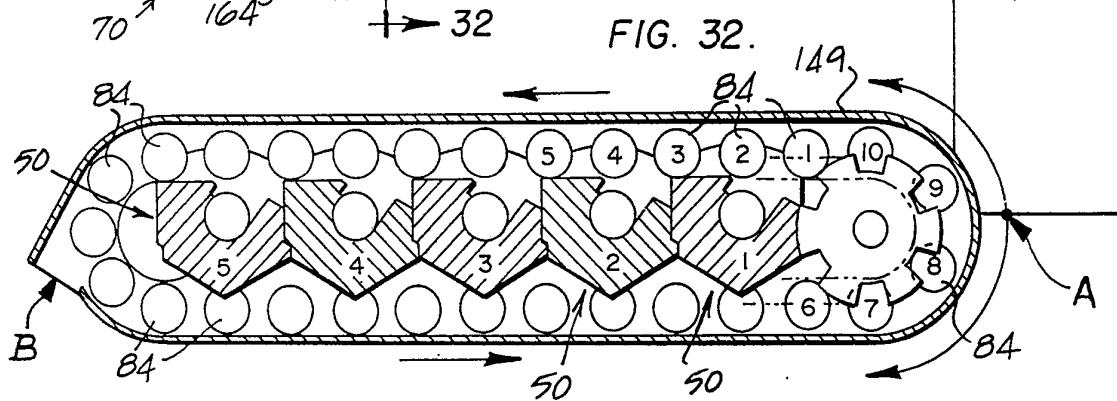
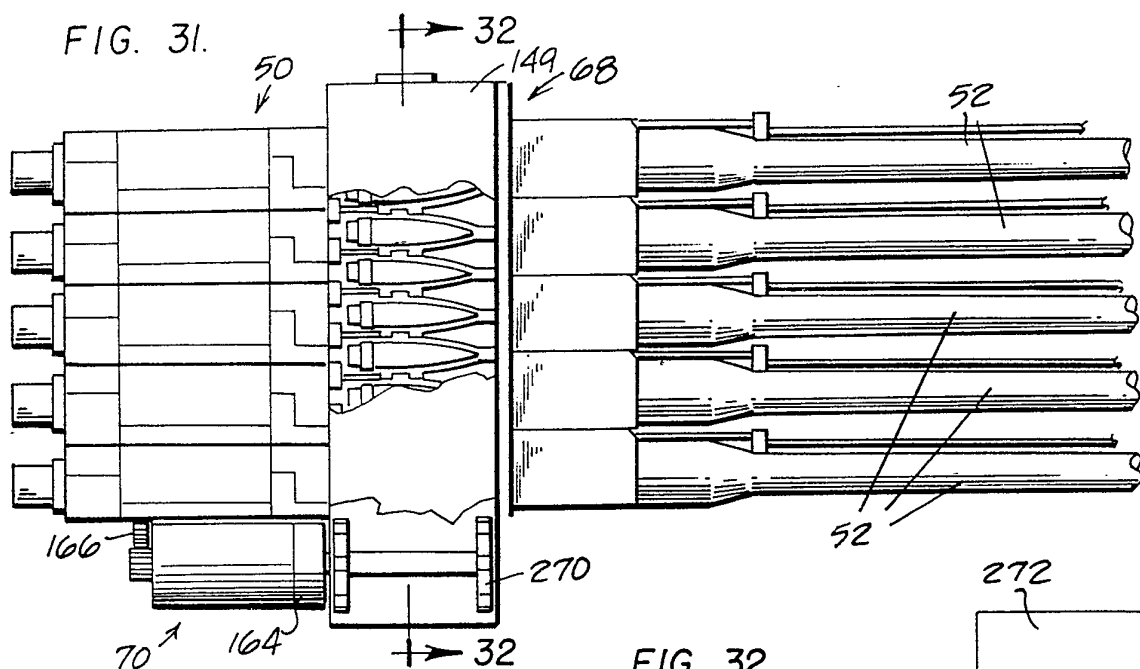


FIG. 30.





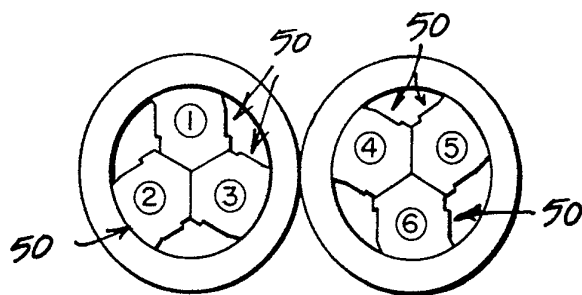


FIG. 34.

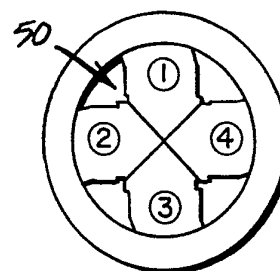


FIG. 35.

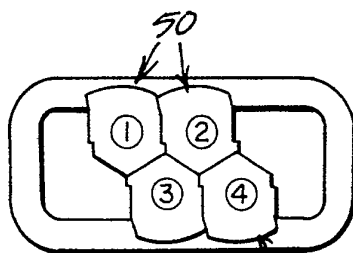


FIG. 36.

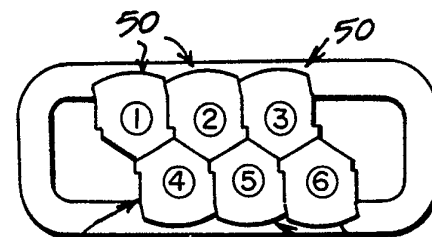


FIG. 37.

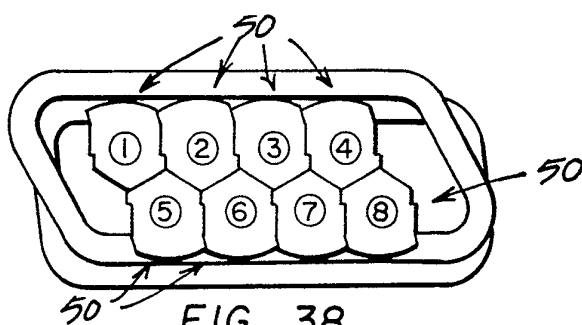


FIG. 38.

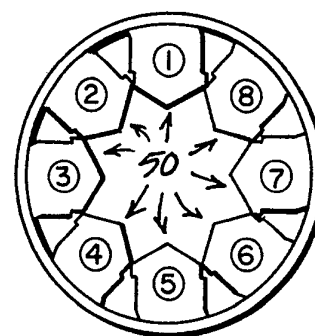


FIG. 39.

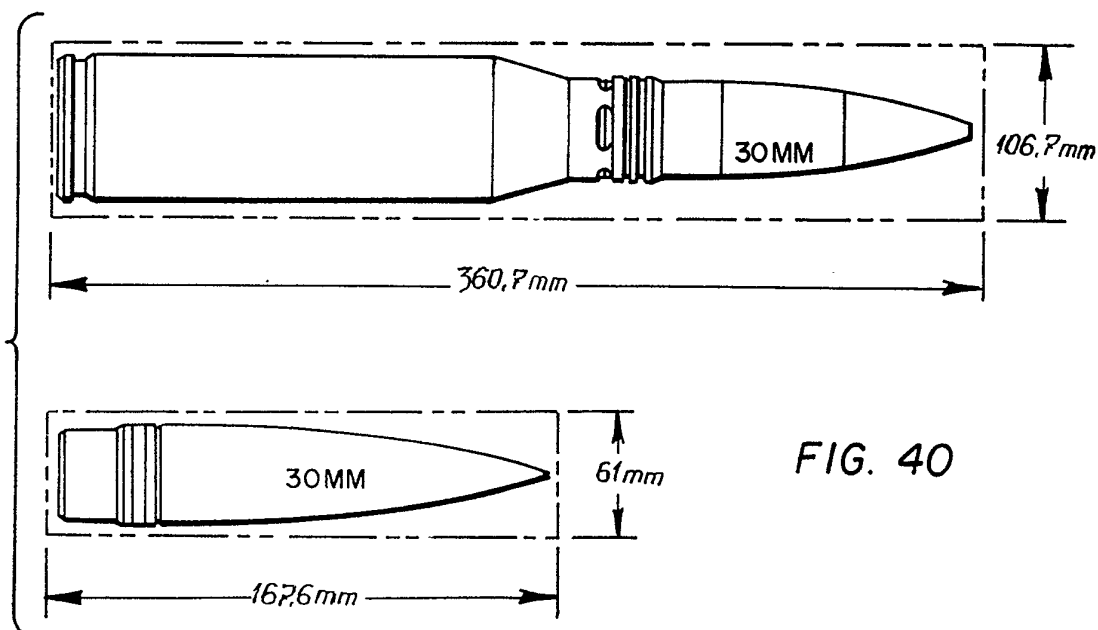


FIG. 40

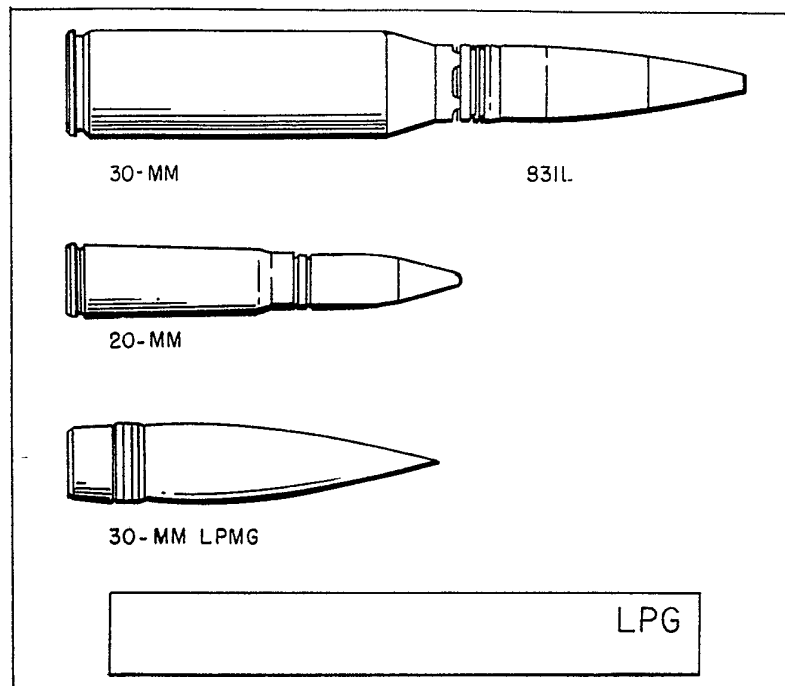


FIG. 41.

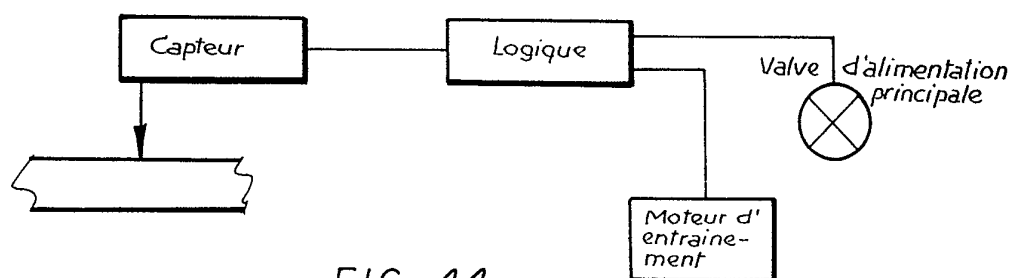
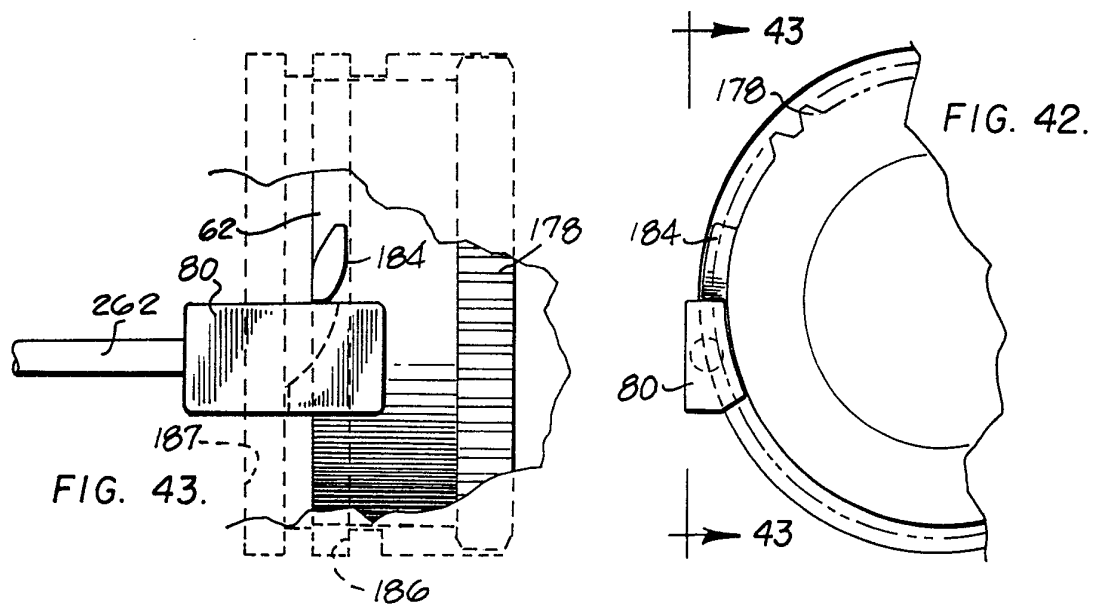


FIG. 44.