

II.1. Introduction aux équipements d'obturation :

La pression hydrostatique appliquée sur la formation par la colonne de fluide de forage constitue le facteur principal prévenant l'éruption d'un puits. L'obturateur permet de fermer un puits en surface lorsque les pressions de formation sont supérieures aux pressions produites par la colonne de boue. Plusieurs types d'équipements y compris les obturateurs, servent ainsi de compléments importants aux fluides de forage pour le contrôle des pressions de formation en cours de forage. Les duses, et les manifolds à duse permettent de contrôler les circulations du puits lors d'une venue de fluides de formation.

Les dégazeurs, fournissent un moyen de conserver les fluides de forage en leur enlevant le gaz.

La pression de service du bloc d'obturation doit être supérieure à la pression de l'ouvrage, calculée phase par phase, autrement dit elle doit permettre de réaliser les opérations suivantes :

- La fermeture du puits sur tiges et fermeture totale (la fermeture du puits sur tiges sera obligatoirement doublée si l'on attend à une pression en tête supérieure à 350 Kg/cm^2) ;
- Le contrôle et l'évacuation d'une venue de fluide.

En plus, pour les supports flottants de l'appareil de forage, le bloc d'obturation doit permettre :

- La suspension du train de tiges obturateur fermé ;
- Le cisaillement du train de tiges ;
- Le contrôle du puits avant sa réouverture.

Toutefois, le bloc d'obturation installé sur le cuvelage de surface pourra être simplifié. Dans certains cas, il est recommandé même à terre (forage on shore) d'utiliser des mâchoires cisailantes à la place des mâchoires à fermeture totale.

II.2. Les obturateurs de tête de puits :

Ce sont des équipements qui permettent de fermer rapidement la garniture de forage.

Leur pression de service doit être égale ou supérieure à la pression de service de l'ouvrage, définie dans le programme de forage. Il va de soit que la garniture de forage doit elle-même pouvoir résister à une telle pression, tant à l'éclatement qu'à l'écrasement. En offshore flottant, il faut prévoir des tiges de longueur aussi constante que possible et un lot de tiges courtes pour ajuster les garnitures.

Un obturateur est défini par :

- Sa marque : Cameron, Shaffer, Hydril...etc.
- Son type : U, SL, GK...etc.

- Sa dimension nominale qui correspond au diamètre minimal d'alésage, par exemple : 11 ", 13 " 5/8...etc.
- Sa série qui correspond à sa pression de service, exemple : 3000 psi...etc.

Ils sont également appelés "bag type". Ils peuvent se fermer et faire l'étanchéité sur des équipements de section régulière de différents diamètres (tubulaire et câbles) et

II.3. Différents types d'obturateurs de têtes de puits :

II.3.1. Les obturateurs annulaires : (Fig.II.1)

Même sur le trou vide (mais pas vraiment recommandé). Ils permettent la manœuvre du train de tiges, obturateur fermé avec de la pression dans le puits (stripping).

Ils sont toujours placés au sommet de l'empilage. Leur pression de service est généralement immédiatement inférieure à la pression de service des BOP à mâchoires. C'est en général le BOP que l'on fermera en cas de venue avec une tubulaire dans le puits.

Les obturateurs annulaires les plus couramment employés sont fabriqués par : Hydril, Shaffer et Cameron.

Pour les obturateurs annulaires, on distingue les types suivants :

- L'obturateur annulaire Hydril type GK ;
- L'obturateur annulaire Hydril type GL ;
- L'obturateur annulaire Hydril type MSP ;
- L'obturateur annulaire Shaffer sphérique ;
- L'obturateur annulaire Cameron type D.

Sur la fig.(5.1) est montré le BOP annulaire Hydril type GK.

❖ Principe de fonctionnement des obturateurs annulaires : (Fig.II.2)

Le piston et le corps du BOP délimitent une chambre d'ouverture et de fermeture. Le piston à une forme conique qui est en contact avec le packing unit (élément assurant l'étanchéité). Un fluide hydraulique sous pression permet de déplacer le piston.

Lorsqu'une des chambres est en pression, l'autre est purgée. Lorsqu'on envoie le fluide hydraulique sous pression dans la chambre de fermeture, le packing unit est comprimé par le piston conique. Étant bloqué vers le haut, le packing unit se referme et assure l'étanchéité autour du tubulaire se trouvant dans le puits.

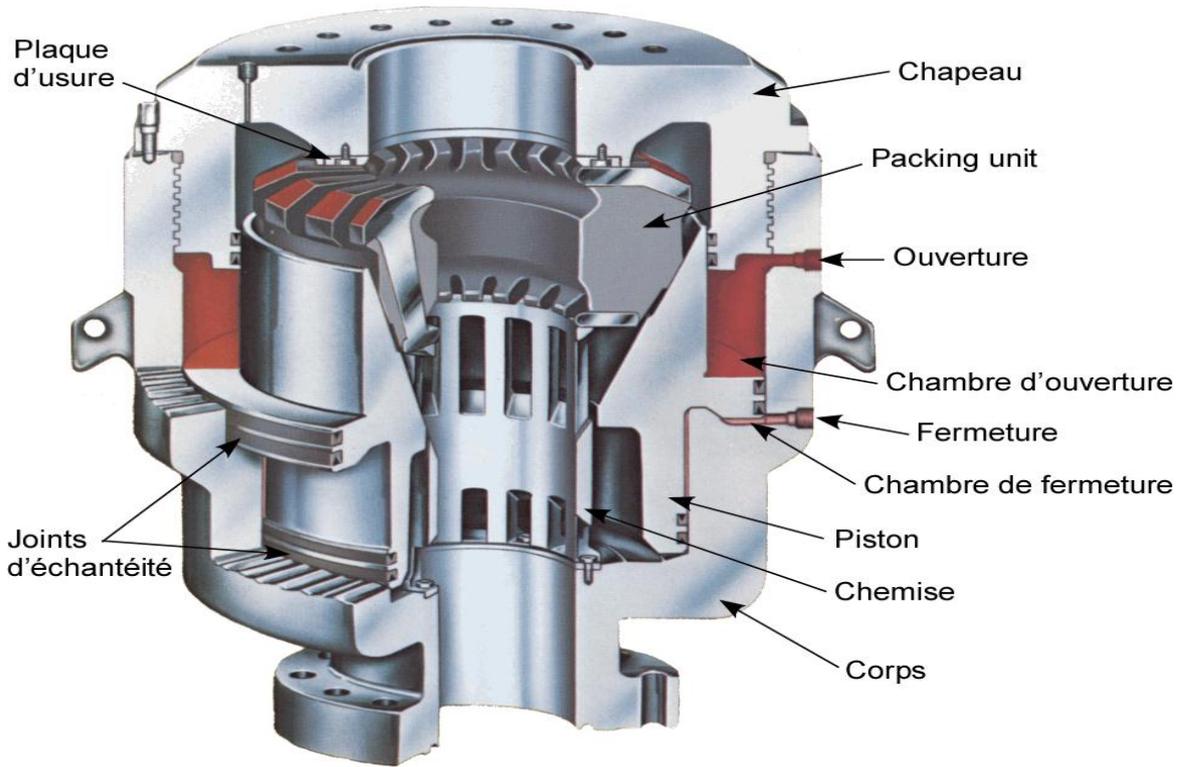


Fig.II.1. Obturateur annulaire

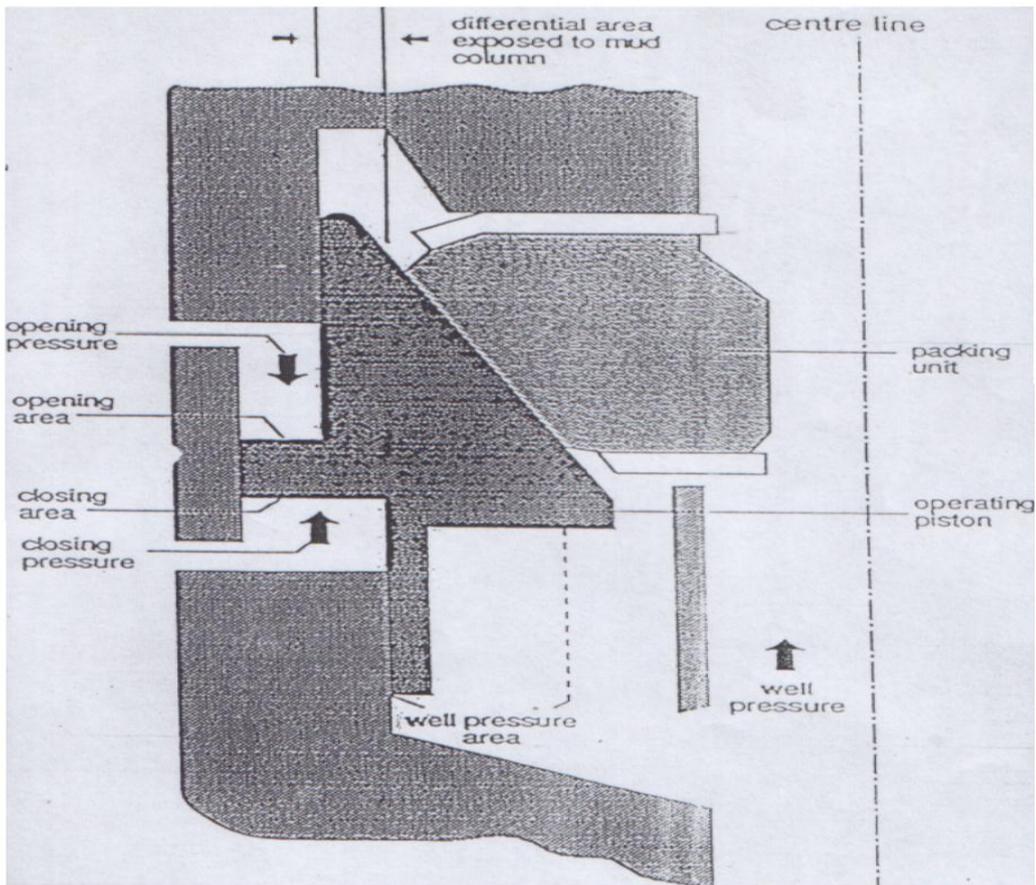


Fig.II.2. Principe de fonctionnement des obturateurs annulaires

II.3.2. Les obturateurs à mâchoires :

Les types de mâchoires

Ils peuvent être équipés de différents types de mâchoires :

- Fermeture sur une dimension donnée : "pipe rams".
- Fermeture totale "blind rams".
- Fermeture totale et cisailante "blind shear rams".
- Fermeture sur une gamme de diamètres donnés "variable rams, flex packer".
- Fermeture sur deux tubes : "dual rams" pour les complétions doubles.

Ces types d'obturateurs sont disponibles en simple, double ou triple étage.

On distingue les types d'obturateurs à mâchoires suivants :

- L'obturateur à mâchoires double Cameron type UII ;
- L'obturateur à mâchoires Cameron type SS ;
- L'obturateur à mâchoires Hydril type X ;
- L'obturateur à mâchoires Shaffer type SL.

Nous passerons en revue plus particulièrement le Cameron type U qui est un modèle couramment utilisé dans l'industrie et qui présente la conception la plus complexe.

A. L'obturateur Cameron type U : (fig.II.3) :

A.1. Description du Cameron type U :

Il est constitué d'un corps forgé comprenant :

- Un alésage central vertical pour le passage des équipements de forage ;
- Un alésage horizontal (rams cavity) dans lequel se déplace un jeu de deux mâchoires ;
- Souvent 2 sorties latérales pour connecter directement les conduites kill et choke lines (ce qui évite d'utiliser une croix de circulation (mud cross ou drilling spool). Ces sorties sont situées sous les mâchoires.

De chaque côté du corps on a :

- Une bride intermédiaire (3) (Intermediate flange) ;
- Un "bonnet" (4).

Chaque bride est fixée au "bonnet" par des vis à tête noyée et chaque ensemble "bride + bonnet" est fixé au corps par quatre goujons. L'étanchéité entre bride et corps est assurée par un joint.

Chaque mâchoire est "agrafée" sur une tige de piston comportant au centre le piston de manœuvre (6). Ce type de montage permet un certain mouvement des mâchoires (elles sont flottantes) nécessaire lors de la fermeture pour avoir un alignement correct entre les mâchoires et la tubulaire.

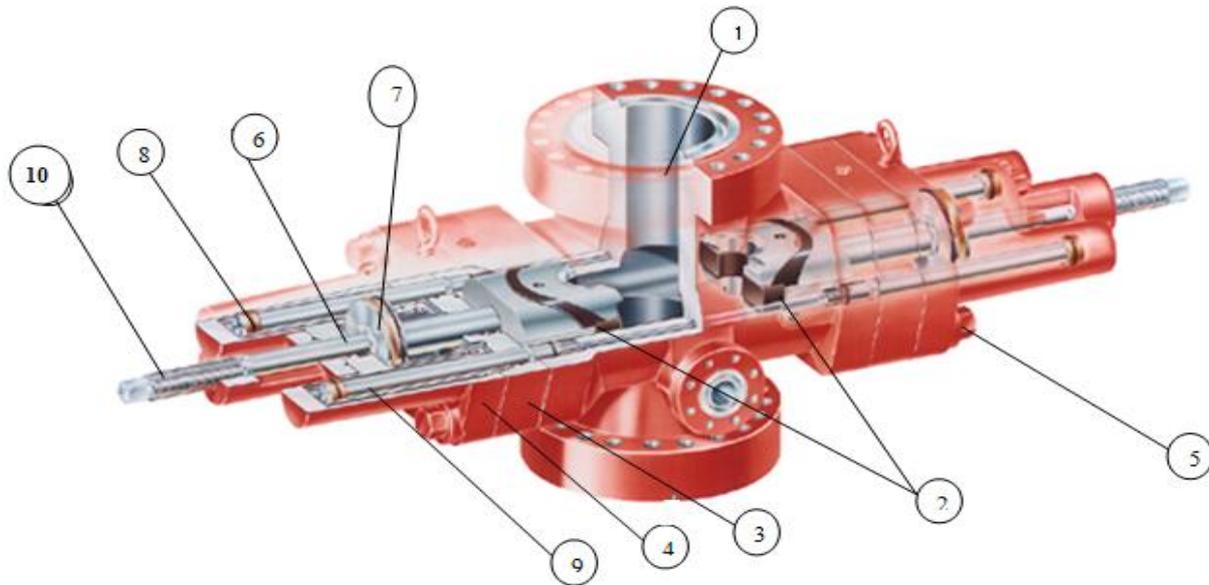


Fig. II.3. Obturateur Cameron type U équipé de pipes rams

1-	UN ALESAGE CENTRAL	7-	PISTON DE MANOEUVRE
2-	MACHOIARES (RAMS)	8-	PISTON (OPEN)
3-	BRIDE INTERMEDAIER	9-	PISTON (CLOSE)
4-	BONNET	10-	VIS DE SECURITE
5-	GOUJONS		
6-	TIGE DE PISTON DE MANOEUVRE		

Deux pistons (8) et (9) solidaires du corps, servant à la manœuvre des bonnets, présentent les caractéristiques suivantes :

- L'un (8), sur le circuit d'ouverture du BOP, a un alésage central, il permet d'écarter les bonnets du corps et d'accéder aux mâchoires ;
- L'autre (9), sur le circuit de fermeture des BOP, est percé latéralement. Le circuit débouche derrière le piston et permet de refermer les bonnets ;
- La bride intermédiaire entre corps et bonnet dans laquelle coulisse la tige de piston est munie d'un joint à lèvres (lip seal) du côté puits et d'un joint O-Ring côté chambre de manœuvre du piston. Entre ces deux joints se trouve une mise à l'atmosphère (vent line ou weep line), ce qui permet la détection d'une fuite éventuelle ainsi qu'un système supplémentaire d'étanchéité par injection de graisse plastique. Cette possibilité d'injection est un système d'étanchéité de secours à n'employer que si le BOP ne peut pas être démonté et réparé.

A.4. Fonctionnement du Cameron type U : (Fig. II.4)

La manœuvre de l'obturateur est commandée par une vanne à quatre voies de l'unité de commande des BOP.

Pour fermer, le fluide sous pression envoyé par l'orifice marqué "close" passe à l'intérieur de la tige et du piston (10) arrive dans le cylindre principal, à l'arrière du piston de commande (5). Celui-ci poussé coté puits, entraîne la mâchoire. Le retour du fluide, chassé par le mouvement des pistons, s'effectue par le côté marqué "open".

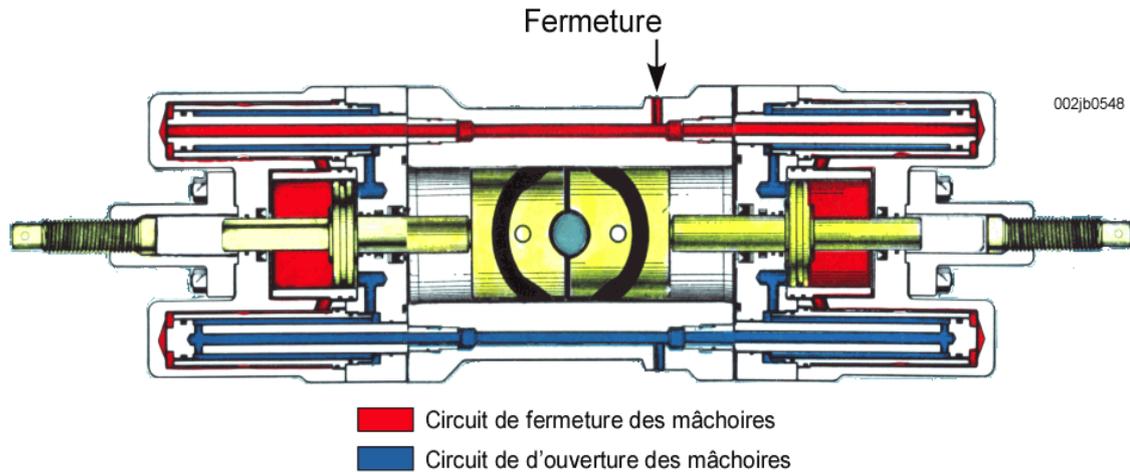


Fig. II.4.a Schéma montrant le circuit de fermeture d'un Cameron type U

La pression dans le puits aide à la fermeture du BOP, elle passe sous la mâchoire et vient s'appliquer derrière celle-ci. Théoriquement, à partir d'une certaine valeur, elle permet même de maintenir le BOP fermé après avoir purgé la pression hydraulique dans le circuit de fermeture. Pour ouvrir, après manœuvre de la vanne à quatre voies située sur la commande hydraulique des BOP, le fluide sous pression est envoyé par l'orifice marqué "open".

Il passe par la tige du piston plein (9) et arrive dans le cylindre de manœuvre à l'arrière du piston de commande. Le retour du fluide de fermeture s'effectue par le côté marqué "close".

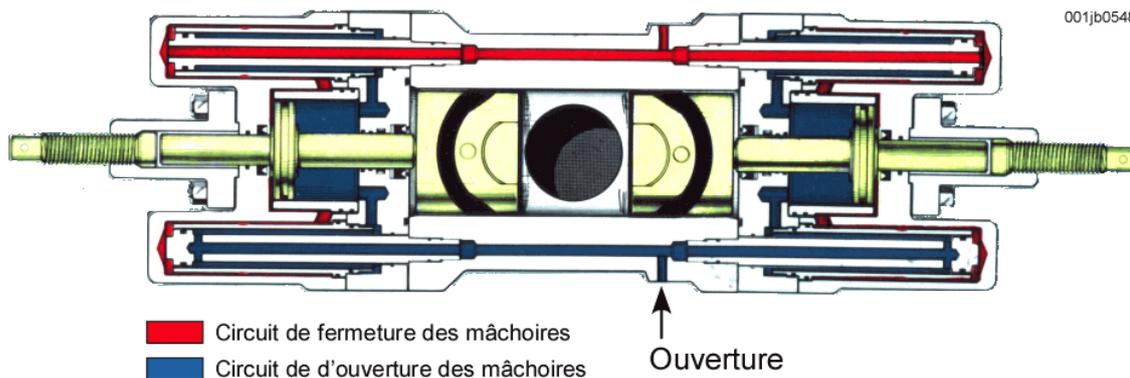


Fig. II.4.b Schéma montrant le circuit d'ouverture d'un Cameron type U

II.4 Empilages des obturateurs :

1. Définition :

Le choix des éléments de l'empilage des obturateurs est fonction de :

- ◆ La pression maximale attendue en surface ;
- ◆ Les diamètres des outils et tubulaires à descendre ;
- ◆ La présence d'agents corrosifs (H_2S).

L'empilage des obturateurs doit toujours assurer la possibilité de :

- ◆ La fermeture du puits avec ou sans garniture ;
- ◆ L'évacuation d'une venue ;
- ◆ L'injection dans le tubage ;
- ◆ Le stripping.

Exemple empilage : (Fig.II.5)

Caractéristiques opérationnelles :

- ◆ Le puits étant sous pression, une fuite autour de la mudcross ou le pipe rams inférieur ne peut être réparée ;
- ◆ La fermeture de l'un des pipe rams permet l'utilisation des sorties latérales ;
- ◆ La garniture étant dans le puits, on peut changer le blind rams en pipe rams. Les tiges peuvent être manœuvrées à travers le pipe rams supérieur tout en gardant les pipe rams inférieures en réserve, si la distance est suffisante pour contenir un tool joint.

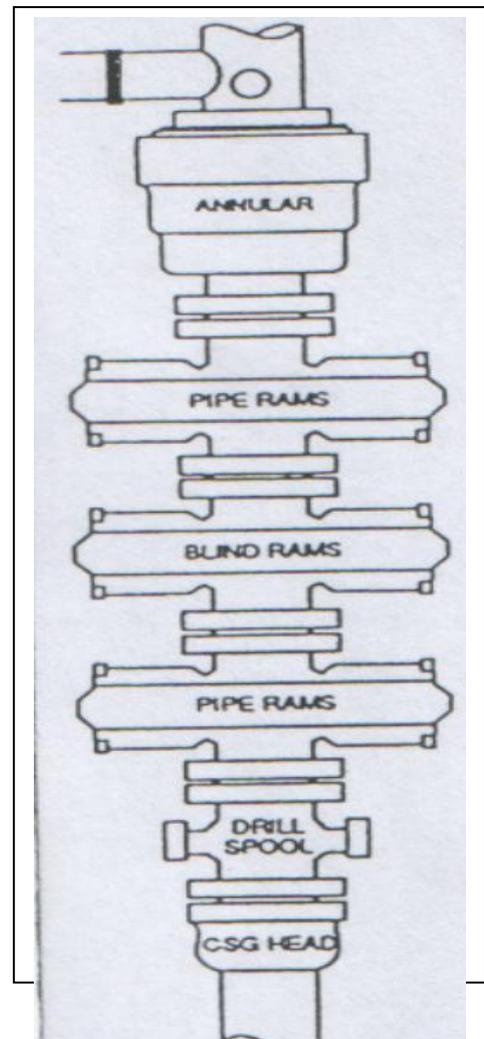


Fig.II.5 Exemple empilages.

II.5 Obturateurs internes de garniture (inside bop) :

Ce sont les équipements qui permettent d'obturer "plus ou moins facilement et rapidement" l'intérieur de la garniture de forage pour éviter le retour de fluide. Leur pression de travail doit être égale ou supérieure à la pression de service de la tête de puits.

Certains équipements sont placés en surface (kelly cock, Gray valve), d'autres au niveau de l'outil (check valve, flapper valve), d'autres doivent être mis en place par pompage (drop in check valve).

II.5.1. Dispositifs d'obturation en surface :

Le système d'entraînement en rotation du train de tiges en surface (kelly ou top drive system) est équipé de deux vannes supérieure et inférieure de tige d'entraînement. Elles permettent de fermer l'intérieur du train de tiges lorsque le système d'entraînement est connecté au train de tiges (forage, circulation, ...). Ce sont des vannes plein passage, à fermeture rapide (vanne quart de tour), la vanne supérieure est souvent équipée d'un système de commande à distance opérée par le chef de poste.

En cours de manœuvre, il n'y a pas de système d'obturation permanente sur la garniture. Il faut fermer en premier l'intérieur de la garniture dès qu'un signe de venue se manifeste. On dispose de plusieurs équipements pour réaliser cette opération, l'idée étant de pouvoir redescendre au fond du puits avec ces équipements (puits ouvert si le puits ne débite pas, en stripping si le puits débite) et circuler. Il faut donc incorporer dans la garniture un équipement type clapet anti-retour pour arrêter le débit venant du fond et être capable de circuler. Mais si le puits débite, il peut être très difficile de mettre ce type d'équipement en place.

A. Les vannes de la tige d'entraînement (Kelly garde ou Kelly valve): (Fig.II.6)

Ce sont des vannes à boisseau sphérique actionnées par une clé. Il suffit de faire un quart de tour pour fermer. Ce sont des vannes plein passage, en position ouverte, elles permettent le passage du fluide sans restriction, donc il sera possible de les visser même si le puits débite de façon conséquente. Mais en position fermée, elles ne permettent pas la circulation. Donc il faut toujours ajouter un autre équipement si l'on veut redescendre dans le puits et circuler.

Les filetages doivent être les mêmes que ceux des tiges de forage utilisées dans le puits. Le point faible des vannes

de la tige d'entraînement est généralement l'étanchéité au niveau du logement de la clé. Leur pression de service est généralement 10 000 psi.

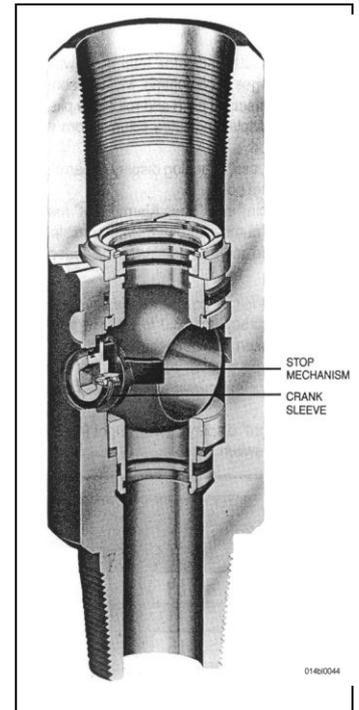


Fig.II.6. Vanne de la tige D'entraînement

B. Vanne à clapet anti-retour (Gray valve): (Fig.II.7)

On peut circuler en direct dans les tiges, mais pas en inverse. Cet équipement sera très difficile à mettre en place si le puits débite même faiblement (d'où la mise en place en premier d'une vanne de la tige d'entraînement en cas de signe de venue).

La Gray valve doit être en permanence sur le plancher de forage en position ouverte. Une fois vissée sur le train de tiges, il faut dévisser l'ensemble de manœuvre (2) du corps supérieur. La vis (1), la tige (3) et l'ensemble de manœuvre sont solidaires, le ressort plaque le clapet contre le siège et la vanne est fermée. Les filetages doivent être les mêmes que ceux des tiges de forage utilisées dans le puits.

L'inconvénient de ce système est qu'une fois en place il n'est plus possible de descendre des outils au câble (perforations, back off, etc.) au dessous.

Il y a aussi un risque important de bouchage si on est amené à pomper des colmatants. Si bien que certaines compagnies interdisent son utilisation

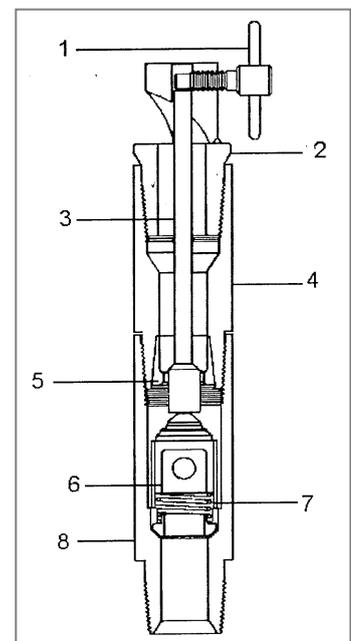


Fig.II.7. Gray valve

II.6. Commande hydraulique des obturateurs :

II.6.1. Introduction :

Le système de commande du bloc obturateur de puits (BOP) est un dispositif hydraulique à haute pression équipé des vannes de contrôle directionnelles pour contrôler les à-coups de pression et éviter les éruptions lors des opérations de forage.

Le système de commande fournit le fluide hydraulique sous pression pour opérer les différents obturateurs de surface et les vannes annexes. La pression de fonctionnement du système habituellement utilisée est de 3000 psi. Un poste de commande à distance permettant de réaliser toutes les fonctions sera installé sur le plancher de forage. Un ou plusieurs autres postes permettant de réaliser un nombre réduit de fonctions peuvent être installés sur le chantier.

Le système de commande des BOP comprend :

- Un moyen de stockage (réservoir) pour fournir un volume suffisant de fluide au système de pompage ;
- Des systèmes de pompage pour mettre en pression le fluide de commande ;
- Des bouteilles pour stocker sous pression le fluide de commande ;
- Un manifold de commande hydraulique pour réguler la pression du fluide de commande et opérer les différentes fonctions du système (BOP, vannes de choke et de kill line) ;
- Des panneaux de commande à distance pour opérer l'unité de commande à distance ;
- Un fluide de commande hydraulique.

Le système de commande hydraulique a pour objectif d'assurer chaque fonction (fermeture et ouverture) d'une façon efficace, rapide et facile, répéter et si nécessaire sans avoir à utiliser d'énergie extérieure.

Les caractéristiques de l'unité à commande hydraulique sont définies en fonction :

- Du volume total d'huile pour assurer la séquence imposée par la procédure de la compagnie ;
- De la pression maximale de travail ;
- Du temps nécessaire pour comprimer l'accumulé (gaz) selon les spécifications API.

II.6.2. Description de l'unité :

L'unité hydraulique KOOMEY décrite ci-dessous est la plus répandue dans l'industrie pétrolière (Fig.II.8).

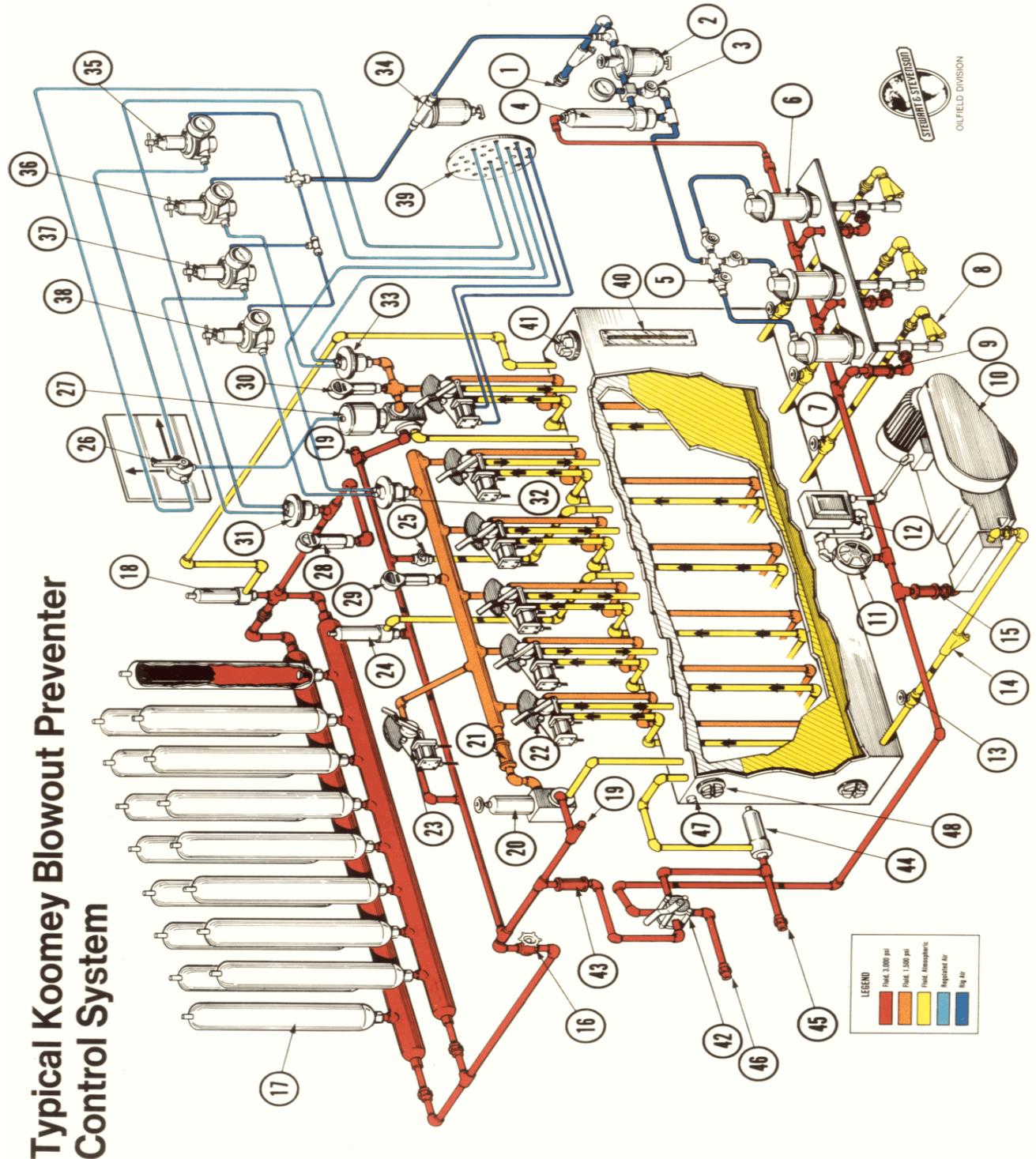


Fig.II.8. L'unité de commande hydraulique (KOOMEY)

001db0238

❖ Nomenclature des composants de l'unité :

1. Arrivée d'air ;
2. Huileur ;
3. Vanne by-pass (normalement fermée), elle permet de by passer la vanne d'admission hydropneumatique n°4 ;
4. Vanne d'admission hydropneumatique automatique. ferme l'arrivée d'air quand la pression hydraulique est comprise entre 2900 et 3000 psi. Elle s'ouvre automatiquement entre 2600 et 2700 psi suivant le réglage ;
5. Vannes manuelles d'isolement des pompes hydropneumatiques (normalement ouvertes) ;
6. Pompes hydropneumatiques.
7. Vanne manuelle d'isolement de l'aspiration des pompes hydropneumatique (normalement ouvertes) ;
8. Filtre à l'aspiration ;
9. Clapet anti-retour ;
10. Pompe Triplex (ou duplex) entraînée par moteur électrique ;
11. Mano -contact : démarre le moteur électrique si la pression chute sous 2700 psi et l'arrête à 3000 psi ;
12. Coffret de démarrage à trois positions (arrêt, auto, manuel), normalement automatique ;
13. Vanne manuelle d'isolement de l'aspiration de la pompe électrique ;
14. Filtre à l'aspiration ;
15. Clapet anti-retour ;
16. Vanne d'isolement de la batterie d'accumulateurs (normalement ouverte) ;
17. Accumulateur, pré charge 1000 psi \pm 10% en Azote exclusivement ;
18. Soupape de sécurité, tarée de 3300 à 3500 psi avec retour au réservoir ;
19. Filtre à huile circuit HP ;
20. Régulateur de pression, réduit la pression de 3000 psi à normalement 1500 psi pour le circuit manifold (obturateurs à mâchoires et opérateurs de vannes) ;
21. Clapet anti-retour ;
22. Vannes à 4 voies/ 3 positions, ne doivent jamais être en position neutre. Ces vannes peuvent être commandées à distance au moyen de vérins contrôlés par des distributeurs pneumatiques situés au panel de commande de plancher de forage ;
23. Vanne by-pass (normalement en position fermée) permet d'appliquer directement dans le manifold de la pression des accumulateurs 3000 psi sur la fonction désirée. Elle peut être commandée à distance ;

- 24. Soupape de sécurité ;
- 25. Vanne de purge du circuit HP (normalement fermée) ;
- 26. Sélecteur à 2 positions (unit ou panel) ;
- 27. Régulateur de pression annulaire : permet de régler la pression de fermeture d'obturateur annulaire de 0 à 3000 psi, il peut être commandé à partir du panel de plancher ;
- 28. Manomètre de pression d'accumulateur ;
- 29. Manomètre de pression manifold ;
- 30. Manomètre de pression annulaire ;
- 31,32 et 33. Transmetteurs pneumatique de pressions vers le panel de la commande à distance ;
- 34. filtre à air ;
- 35, 36, 37 et 38. Régulateurs à air pour les transmetteurs pneumatiques ;
- 39. Platine de connexion du faisceau de tubes de télécommande pneumatique ;
- 40. Indicateur de niveau d'huile dans réservoir ;
- 41. Bouchon de remplissage du réservoir ;
- 42. Vannes à 4 voies/trois positions ;
- 43. Clapet anti-retour ;
- 44. Soupape de sécurité ;
- 45 et 46. lignes auxiliaires (test ou skating) ;
- 47. Retour au réservoir lors de l'utilisation d'une ligne auxiliaire ;
- 48. Bouchon d'inspection.

II.6.3. Composants de l'unité :

A. Module accumulateur : (Fig.II.9)

La fonction principale du module accumulateur est de fournir l'approvisionnement en fluide atmosphérique pour les pompes et de stocker le fluide opérationnel à haute pression pour le contrôle de la cheminé du BOP.

Il comprend : les accumulateurs, un réservoir, les tuyauteries d'accumulateur et un châssis principal pour le montage des pompes pneumatiques, de la pompe à moteur électrique, du collecteur de contrôle hydraulique et du module d'interface pour le contrôle à distance des fonctions du BOP.

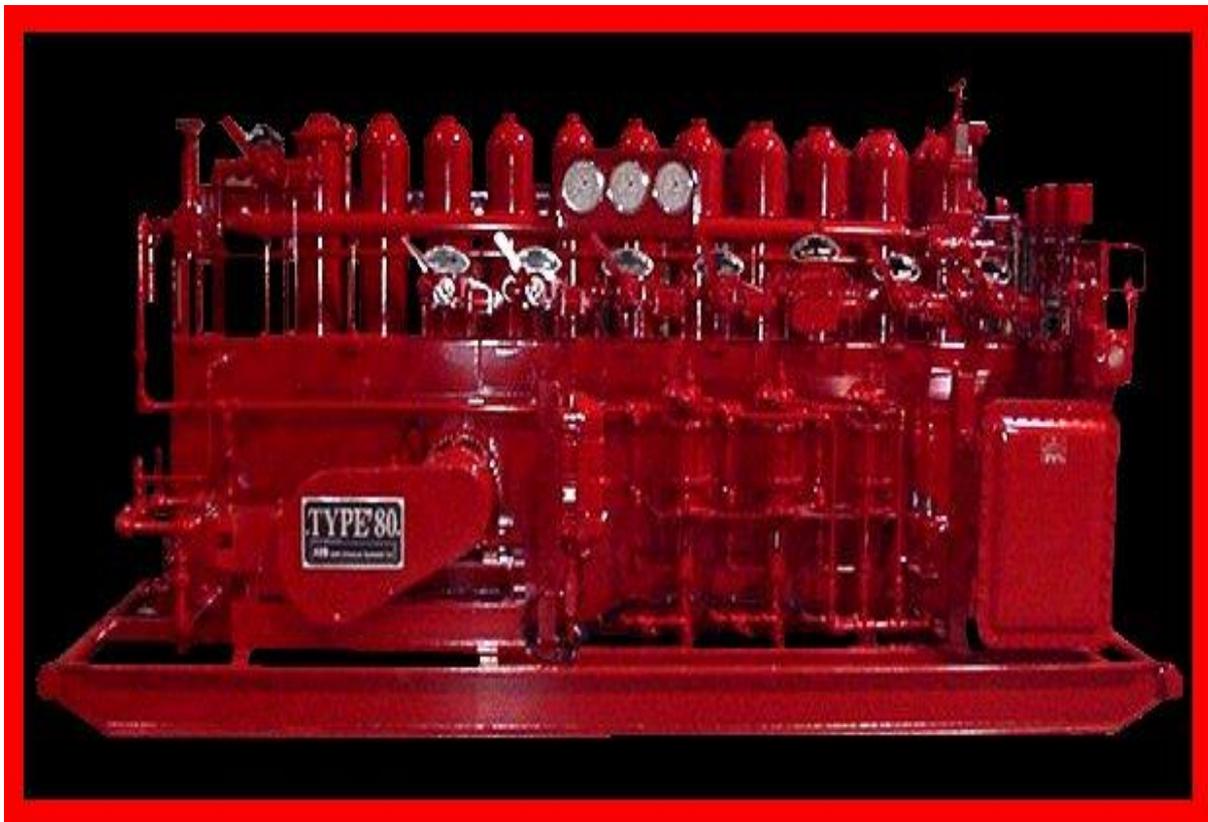


Fig.II Module.9 accumulateur

Les accumulateurs : (Fig.II.10)

Sont des enceintes sous pression pour le stockage du fluide à haute pression. Ils sont disponibles dans des tailles, des types, des capacités et des pressions nominales variés.

L'accumulateur à vessie cylindrique est le choix le plus courant de l'industrie pétrolière aujourd'hui et peut être à chargement soit par le haut, soit par le bas. Un chargement par le haut signifie que la vessie peut être déposée par le haut alors qu'elle est toujours montée sur le module accumulateur.

Des accumulateurs à chargement par le bas doivent être déposés du module accumulateur pour les travaux d'entretien ou de réparation.

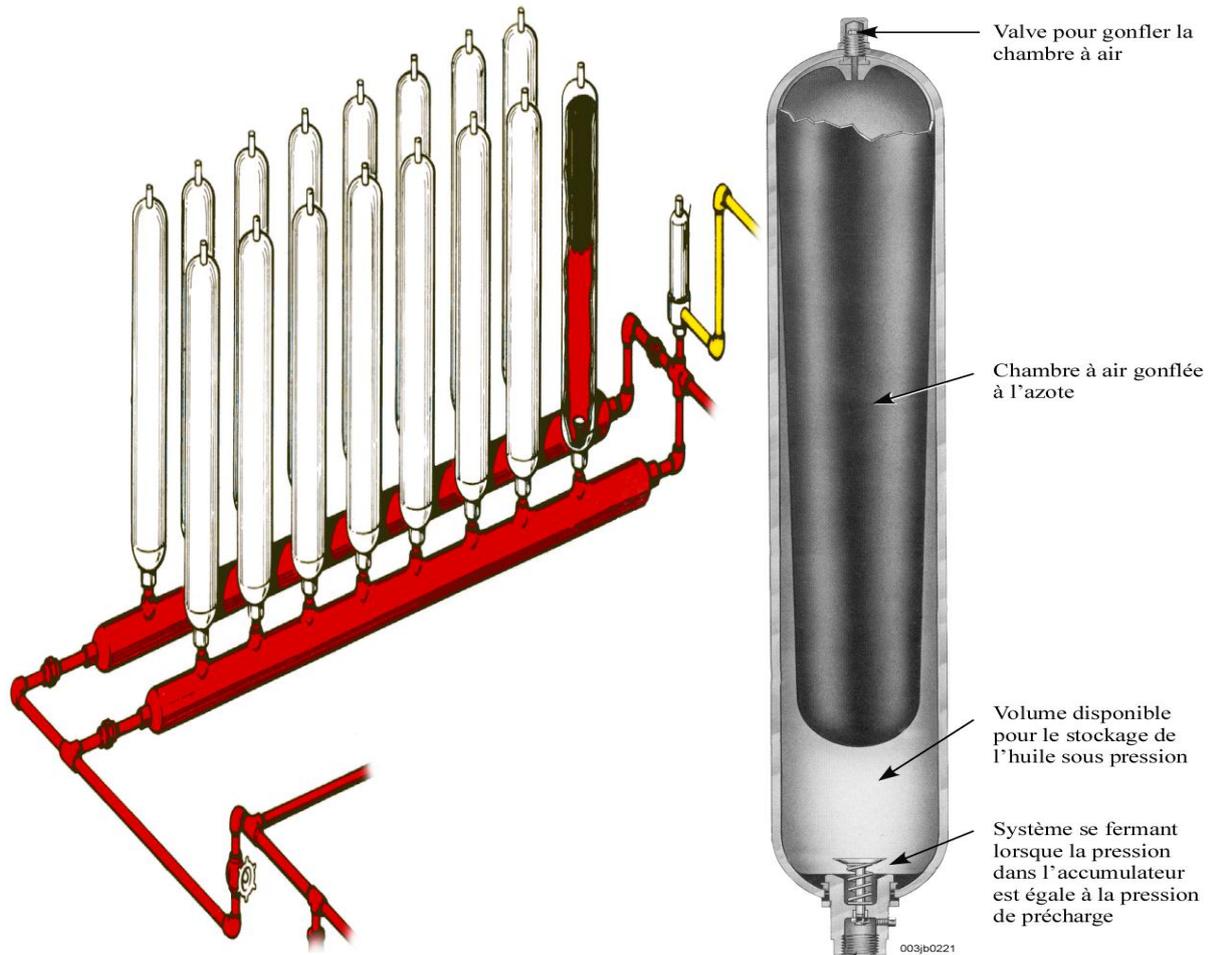


Fig.II.10 Accumulateurs

a. Panneau de commande à distance : (Fig.II.11)

Le chantier doit être équipé d'au moins un panneau de commande à distance pour que l'on puisse commander tous les BOP et les vannes de kill line et de choke line de deux endroits différents. Ce panneau doit être accessible au chef de poste pendant les opérations de forage et représenter fidèlement l'empilage BOP.

Le panneau de commande à distance doit :

- ❖ Permettre d'opérer tous les BOP et les vannes de kill et de choke line ;
- ❖ Permettre de régler la pression du BOP annulaire ;
- ❖ Permettre d'opérer la vanne de by-pass;

❖ Indiquer la pression de l'accumulateur, du manifold, de l'annulaire et la pression d'air.

La liaison entre le panneau de commande à distance et l'unité d'accumulation peut être réalisée de différentes façons (liaison pneumatique, hydraulique, électro – pneumatique, électro – hydraulique). Le temps de réponse dépend du moyen de transmission utilisé, les liaisons électriques permettent d'avoir les temps de réponse les plus courts. Il n'est pas conseillé d'utiliser un système pneumatique si la distance entre l'unité et le panneau de commande est supérieure à 150 pieds (environ 45 m). Pour les commandes faisant appel à une transmission électrique, en cas de défaillance de la puissance électrique, on doit disposer d'un système de secours (batteries) donnant une autonomie de 2 heures.

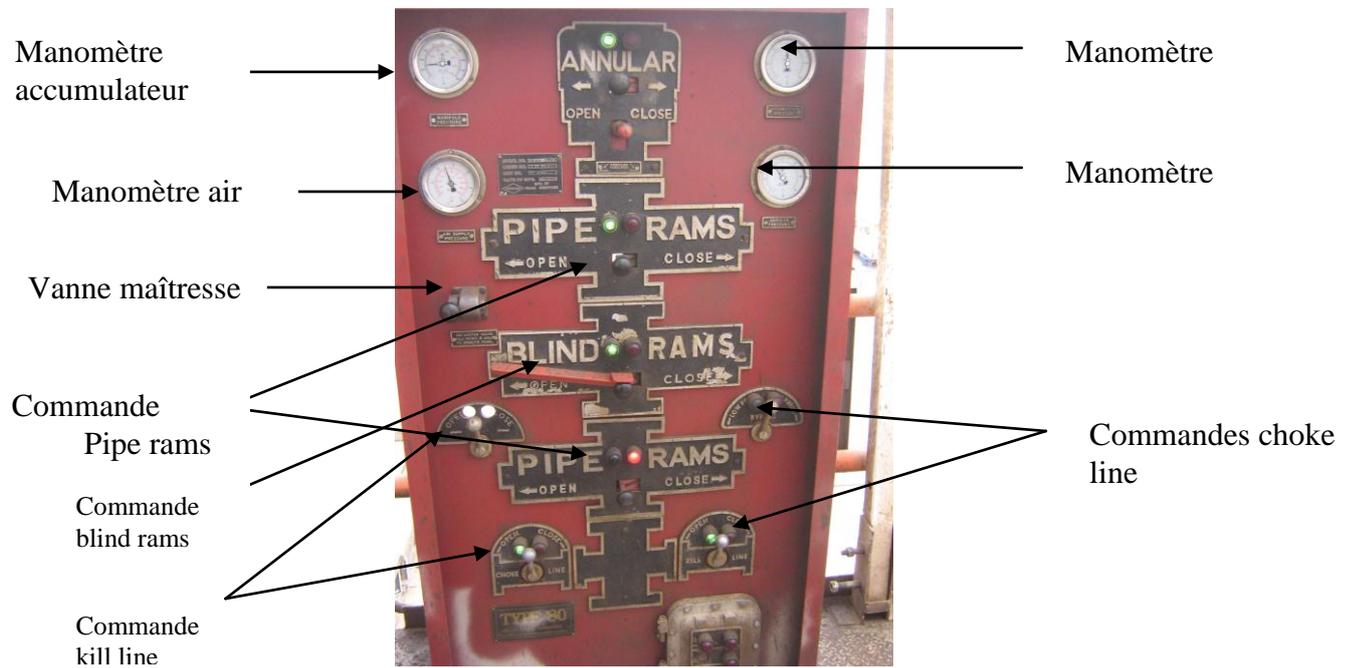


Fig.II.11. Panneau de commande à distance