

Introduction

Un appareil de forage doit accomplir dans les meilleures conditions techniques et de sécurité, la réalisation d'un puits reliant un gisement à la surface.

1- Classification :

Il existe toute une gamme d'appareils : légers, moyens et lourds ; appropriés aux forages, peu, moyen et très profonds.

Deux caractéristiques relativement liées interviennent dans la classification des appareils de forage :

- La capacité ou profondeur de forage maximale ;
- La puissance au treuil.
- La règle du pouce anglo-saxonne suivante donne d'une manière pragmatique : pour 110 pieds de forage, il faut 10 HP de puissance au treuil.

D'où :

➤ Appareil léger	(1 500 à 2 000 m)	650HP
➤ Appareil moyen	(2000 à 3 500 m)	1300HP
➤ Appareil lourd	(3500 à 6 000 m)	2000HP
➤ Appareil super lourd	(8 000 à 10 000 m)	3000HP

2- Description :

Le chantier de forage peut être décrit sous forme de deux catégories de matériel.

2-1 Le matériel de surface

Cette catégorie est répartie en plusieurs groupes mettant en œuvre l'outil de forage et assurant la sécurité du puits.

2-1-1 Les équipements de levage

Ils permettent :

- ✓ le contrôle du poids sur l'outil;
- ✓ les changements d'outils (manœuvre de garnitures) ;
- ✓ la descente des colonnes de tubage ;
- ✓ les levées et les descentes du mât (DTM).

Ils sont principalement composés de :

- ✓ la structure de la tour de levage ;
- ✓ les moufles fixe et mobile ;
- ✓ le treuil de forage ;
- ✓ le crochet de levage ;
- ✓ le câble de forage ;
- ✓ le poste de commande et de contrôle.

2-1-2 Les équipements de rotation

Ils sont principalement composés de :

- ✓ la table de rotation ;
- ✓ les fourrures ;
- ✓ le carré d'entraînement ;
- ✓ la tige d'entraînement ;
- ✓ raccord d'usure de la tige d'entraînement ;
- ✓ la tête d'injection.

2-1-3 Les équipements de pompage et de circulation

Ils sont principalement composés de :

- ✓ Bacs à boue plus équipements ;
- ✓ Mixeurs ;
- ✓ Mitrailleuses de fond et de surface (agitateurs hydrauliques) ;
- ✓ Tamis vibrants ;
- ✓ Dessableurs ;
- ✓ Mudcleaner ;
- ✓ Centrifugeuses ;
- ✓ Dégazeur ;
- ✓ Les pompes à boues plus accessoires ;
- ✓ Soupapes de décharges (ou de sécurité) ;
- ✓ Les conduites d'aspiration et vannes ;
- ✓ Le flexible d'injection.

Ces équipements assurent la fabrication, le pompage et la circulation ainsi le traitement mécanique des fluides de forage.

2-1-4 Les équipements de sécurité

Les équipements de sécurité sont constitués de :

- ✓ La tête du puits ;
- ✓ L'accumulateur de pression ;
- ✓ Le manifold de duses ;

Ils assurent la sécurité du puits en cas de venue de gaz.

2-1-5 Les équipements mécaniques

On distingue :

- ✓ Les moteurs de sonde ou groupe de force ;
- ✓ Les groupes électrogènes ;
- ✓ Les compresseurs.

Ils fournissent l'énergie nécessaire au fonctionnement de la sonde de forage.

2-2 Le matériel de fond

Cette partie regroupe l'ensemble de la garniture de forage :

- ✓ Outil de forage ;
- ✓ Masse tige ;
- ✓ Tige de forage ;
- ✓ Equipements auxiliaires ;
- ✓ Raccords divers.

2-3. Principe de fonctionnement de l'appareil de forage :

L'outil de forage (trépan) est entraîné dans son mouvement de rotation au fond du trou par une colonne de tiges creuses vissées les unes aux autres.

A l'extrémité supérieure de ce train de tiges et à hauteur du plancher de la tour de sondage se trouve la tige d'entraînement qui est creuse également, mais de section extérieure carré ou hexagonale, et qui passe à travers la table de rotation par laquelle elle est entraînée.

La table de rotation est entraînée par les moteurs par l'intermédiaire d'un ensemble de transmission par chaîne et roues dentées.

L'ensemble du train de sonde est suspendu au crochet de levage par l'intermédiaire de la tête d'injection qui joue le rôle de palier de rotation pour l'ensemble de train de tiges, elle comprend une partie mobile solidaire du train de sonde et une partie fixe solidaire du crochet.

Ce crochet de levage peut être manœuvré du haut en bas de la tour métallique grâce à un système de mouflage composé d'un moufle mobile auquel est suspendu le crochet et d'un moufle fixe, fixe en haut du mât de sondage.

Le brin du câble va s'enrouler sur le tambour de treuil de forage lequel est entraîné par les moteurs par l'intermédiaire d'un jeu de transmission et d'embrayages.

Une injection de boue dans le trou est assurée pendant la durée de forage.

Des pompes à boue aspire la boue des bacs et la refoule par l'intermédiaire de la colonne montante, du flexible et de la tête d'injection dans l'intérieur du train de sonde, la boue, descend ainsi jusqu'au fond du trou, sort par les événements du trépan et remonte par l'espace annulaire compris entre les tiges et le trou foré, cette boue qui remonte du fond du trou est chargée des déblais de forage.

Ainsi dès son arrivée à la surface, elle passe aux tamis vibrants qui la sépare des déblais; de là, elle retourne dans les bacs d'aspiration. La boue effectue donc un circuit fermé, durant le forage.

Aux deux tiers (2/3) environ du mât de forage se trouve la passerelle d'accrochage, qui sert au gerbage des tiges dans le mât lors des manœuvres de remontée ou descente.

Le train de tige est donc remonté puis redescendu par éléments de deux ou trois tiges grâce au système de levage qui constituent le treuil, le câble, les moufles et le crochet.

Le mât de forage repose sur une substructure de 3m de hauteur, ce qui élève d'autant le plancher de travail et permet l'installation sur la tête du puits d'un ou plusieurs obturateurs de sécurité.

2-4 L'appareil de forage National Oil-Well :

4-1 la structure de la tour de forage

Il existe trois grandes catégories de structures :

- ❖ Le derrick,
- ❖ Le mât,
- ❖ Le mât haubané monté sur remorque.

La tour de forage permet :

- ✓ La manœuvre de remontée et de descente du train de sonde ;
- ✓ La descente des colonnes de tubage.

4-2 Le treuil de forage :

C'est le cœur de l'appareil de forage, donc c'est la capacité du treuil qui caractérise un appareil de forage et indique la classe des profondeurs de forages que l'on pourra effectuer.

Le treuil de forage regroupe un ensemble d'éléments mécaniques et assure plusieurs fonctions :

- ✚ Le manœuvre de remontée et de descente (levage) du train de sonde à des vitesses rapides et en toute sécurité, ce qui constitue sa principale utilisation.
- ✚ L'entraînement de la table de rotation, quand celle-ci n'est pas entraînée par un moteur indépendant.
- ✚ Le vissage et dévissage du train de sonde ainsi que les opérations de curage.

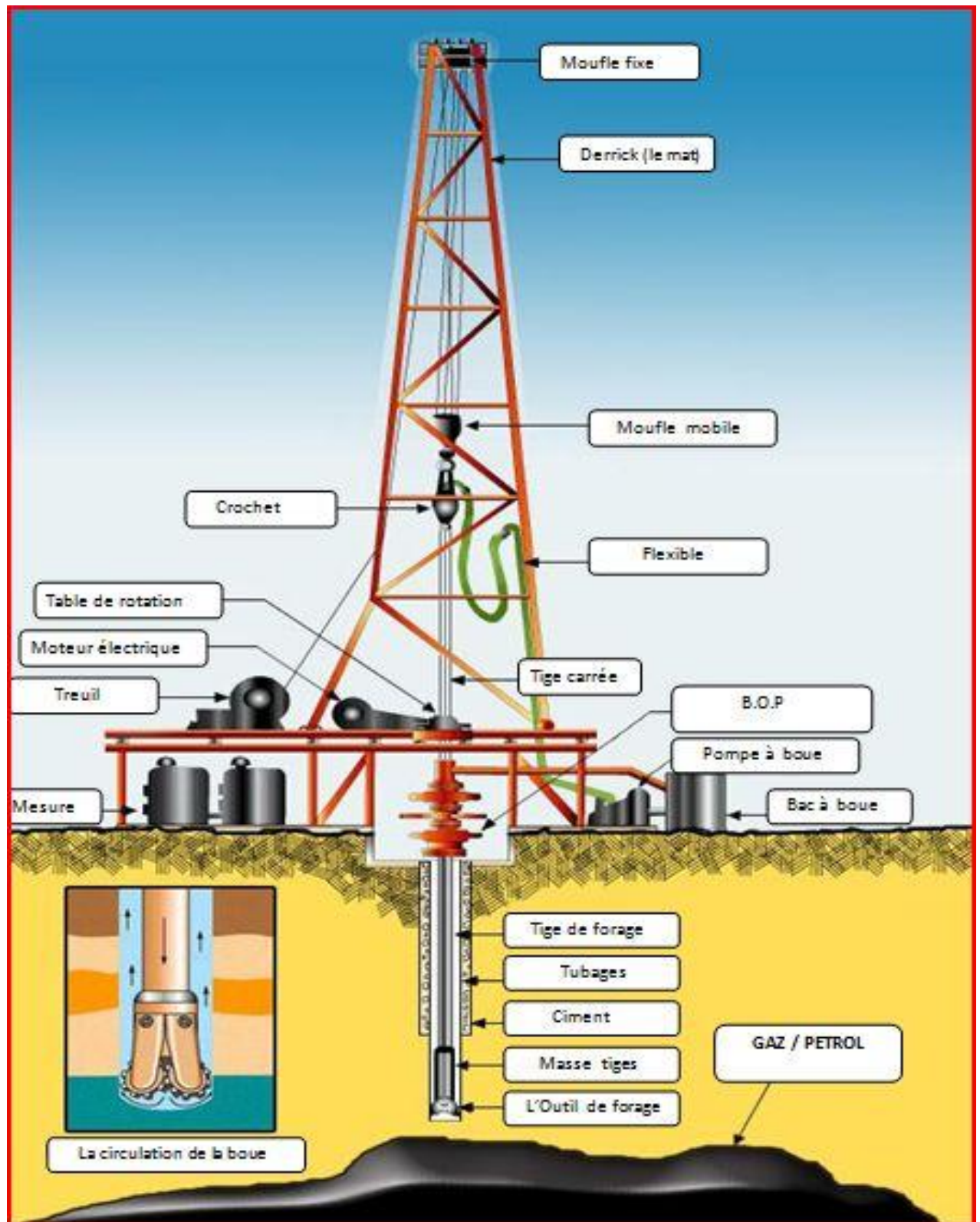


Fig. I-1 Schéma De L'appareil De Forage

4-3 Le mouflage :

Le mouflage l'ensemble des différentes boucles de câble de forage intercalées entre le treuil et le point fixe et reliant les mouffles fixe et mobile.

Faire le mouflage est le travail qui consiste à installer ce câble dans le mât de façon à pouvoir déplacer le moufle mobile à l'aide de treuil.

Les mouflages des installations de forage sont destinés à la réalisation des opérations de montée et de descente et à la suspension, au cours du forage, des colonnes de forage et de tubage.

Le but de mouflage est :

- ✚ Démultiplier la charge ;
- ✚ Démultiplier la vitesse.

4-3-1 Le moufle fixe

C'est l'ensemble des poulies sur lequel passe le câble. Il est supporté par la plate-forme supérieure de la tour de forage.

4-3-2 Le moufle mobile

Ensemble de poulies à grand diamètre enfilées côte à côte sur un arbre en acier et tournant librement grâce à des roulements à rouleaux



Fig. I-2 *Système De Mouflage*

4-4 Les pompes de forage :

La pompe triplex est l'élément principal du circuit de pompage et circulation de la boue de forage.



Fig. I-3 *Pompe à Boue Triplex*

4-5 La tête d'injection :

Elle constitue la liaison entre la garniture de forage qui tourne et le reste de l'installation est fixe. Elle permet l'injection des boues de forage dans le train de tige et supporte le poids de l'ensemble de la garniture.

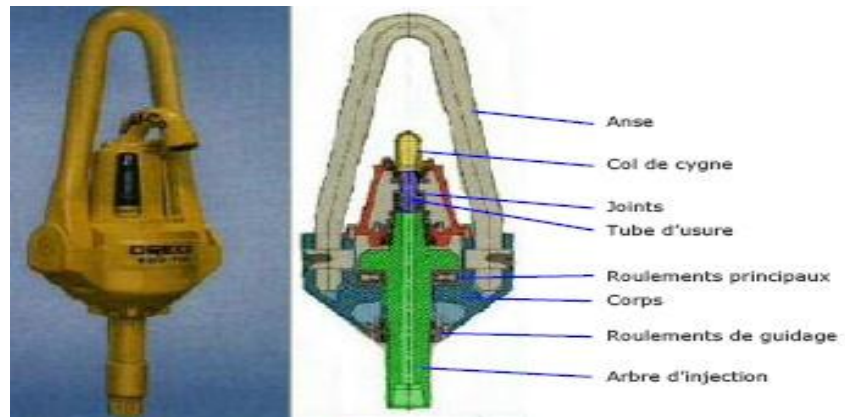


Fig. I-4 *La Tête D'injection*

4-6 La table de rotation

En cours de forage, la table de rotation [rotary table] transmet le mouvement de rotation à la garniture de forage, par l'intermédiaire de fourrures et de la tige d'entraînement, en cours de manœuvre, supporte le poids de la garniture de forage, par l'intermédiaire de coins de retenue.

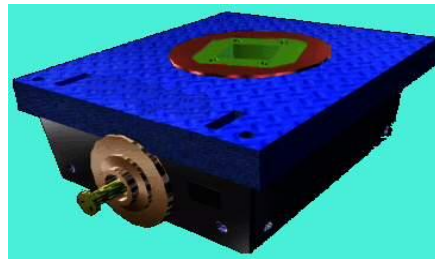


Fig. I-5 *La Table De Rotation*

4-7 Le trépan:

Le trépan est entraîné dans son mouvement de rotation au fond de trou par une colonne de tiges creuses vissées les une aux autres.



Fig. I-6 *Le Trepan*

4-8 Le Top drive:

Certaines installations de forage utilisent une tige Kelly et une table de rotation pour faire tourner la garniture de forage et l'outil (trépan). Cet instant comprend la tête d'injection, le flexible d'injection, la Kelly et la table de rotation.

Certaines installations utilisent un système top drive d'entraînement par le haut pour faire tourner la garniture de forage et l'outil (trépan).

Un top drive moderne constitue un système intégré qui comprend le manuel de manutention des tiges, le moufle, tête d'injection et un ou plusieurs moteurs qui font tourner l'arbre d'entraînement.



Fig. I-7 *Le Top Drive*

3- Système de circulation de la boue dans une installation de forage :

3-1 Système de circulation

Un des éléments essentiels d'un appareil de forage est ce lui que nous appelons le système de circulation, on plus, spécialement sur certaines sondes le circuit de la boue a été mentionné que pour faire fonctionner le système rotary il est nécessaire de faire circuler un fluide par l'intérieur des tiges de puits autour de l'outil, puis de le faire remonter, l'espace annulaire entre les tiges et la paroi du trou ou tubage.

3-2- Rôle de la boue de forage :

Les boues de forage doivent avoir les propriétés leur permettant d'optimiser les fonctions suivantes :

- ✓ *Nettoyage du puits* : La boue doit débarrasser le trou des particules de formation forées qui se présentent sous forme de débris de roche "cutings" ou "déblais".
- ✓ *Maintien des déblais en suspension*: La boue doit non seulement débarrasser le puits des déblais de forage durant les périodes de circulation, mais elle doit également les maintenir en suspension pendant les arrêts de circulation.
- ✓ *Sédimentation des déblais fins en surface*: Alors que la boue doit permettre le maintien en suspension des déblais dans le puits durant les arrêts de circulation, ce même fluide doit laisser remonter les déblais fins en surface; bien qu'apparemment ces deux aptitudes semblent contradictoires, elles ne sont pas incompatibles.
- ✓ *Refroidissement et lubrification de l'outil et du train de sonde*: Du fait de son passage en surface, la boue en circulation se trouve à une température inférieure à celle des formations ce qui lui permet de réduire efficacement l'échauffement de la garniture de forage et de l'outil. Cet échauffement est dû à la transformation d'une partie de l'énergie mécanique en énergie calorifique.
- ✓ *Prévention du cavage et des resserrements des parois du puits*: La boue doit posséder des caractéristiques physiques et chimiques telles que le trou conserve un diamètre voisin du diamètre nominal de l'outil.

Le cavage est causé par des éboulements, par la dissolution du sel, par la dispersion des argiles, par une érosion due à la circulation de la boue au droit des formations fragiles, etc...

Les resserrements ont souvent pour cause une insuffisance de la pression hydrostatique de la colonne de boue qui ne peut équilibrer la pression des roches.

- ✓ *Dépôt d'un cake imperméable:* La filtration dans les formations perméables d'une partie de la phase liquide de la boue crée un film sur les parois du sondage, ce film est appelé cake. Le dépôt du cake permet de consolider et de réduire la perméabilité des parois du puits.
- ✓ *Prévention des venues d'eau, de gaz, ou d'huile:* Afin d'éviter le débit dans le sondage des fluides contenus dans les réservoirs rencontrés en cours de forage, la boue doit exercer une pression hydrostatique suffisante pour équilibrer les pressions de gisement. La pression hydrostatique souhaitée est maintenue en ajustant la densité entre des valeurs maximum et minimum.
- ✓ *Augmentation de la vitesse d'avancement:* Au même titre que le poids sur l'outil, la vitesse de rotation et le débit du fluide, le choix du type et les caractéristiques de la boue conditionnent les vitesses d'avancement instantanées, la durée de vie des outils, le temps de manœuvre, en un mot, les performances du forage. Un filtrat élevé augmente la vitesse d'avancement. Les très faibles viscosités sont aussi un facteur favorable à la pénétration des outils.
- ✓ *Entraînement de l'outil:* Dans le cas du turboforage la boue entraîne la turbine en rotation. Cette fonction, l'amenant à passer à travers une série d'évents et à mettre en mouvement les aubages, implique certaines caractéristiques et rend impossible ou très délicat l'utilisation de certains produits (colmatants).
- ✓ *Diminution du poids apparent du matériel de sondage:* Bien que ce soit beaucoup plus une conséquence qu'une fonction, la présence d'un fluide d'une certaine densité dans le puits permet de diminuer le poids apparent du matériel de sondage, garniture de forage et tubages ceci permet de réduire la puissance exigée au levage.
- ✓ *Apport de renseignements sur le sondage:* La boue permet d'obtenir des renseignements permanents sur l'évolution des formations et fluides rencontrés. Ces renseignements sont obtenus par :
 - les puttings remontés par la circulation de boue;
 - l'évolution des caractéristiques physiques et/ou chimiques de la boue;
 - la détection des gaz ou autres fluides mélangés à la boue.
- ✓ *Contamination des formations productrices :* La présence de la boue au droit des formations poreuses et perméables exerçant une pression hydrostatique supérieure à la pression de gisement peut nuire à la future mise en production.
- ✓ *Corrosion et usure du matériel:* La boue peut accélérer l'usure du matériel de sondage, par une action mécanique, si elle contient des matériaux abrasifs. Elle peut aussi être corrosive par une action électrolytique due à un déséquilibre chimique.
- ✓ *Toxicité et sécurité:* La boue de forage ne devra pas présenter de danger pour la santé du personnel. Elle ne devra pas non plus créer de risques d'incendie, tout particulièrement dans le cas d'utilisation de boues à base d'huile.

3-3- Élément composant de système :

3-1 Équipement de pompage :

Dans le chantier de forage on installe deux pompe simplex à simple effet pendant le forage. Chaque pompe est entraînée par deux moteurs électriques relis a l'arbre par deux chaînes a courant continu pour augmenter le couple d'entraînement.

3-2 Equipment de préparation de la boue :

3-2-1- Mélangeur hydraulique

Les mélangeurs sont universellement utilisés pour ajouter des produits solides. L'entraînement des deux pompes centrifuges des mélangeurs est effectué par deux moteurs électriques.

3-2-2 - Mélangeur mécanique

Pour la préparation du liquide de forage avec l'argile de forage à bloc ou autre matière ; on emploie dans certains cas des mélangeurs à un aux deux arbres avec des palettes tournantes.

3-3- Equipement d'épuration de la boue

3-3-1 Tamis vibrants :

Les tamis vibrants ou les vibreurs sont destinés au dessablage du fluide de forage ; c'est-à-dire a séparer les déblais de forage remontes par le fluide dans les circuits du système de circulation qui doit être bien dégagés, la boue coule par la goulotte dans un petit bassin qui possède un système de tiroir pour éliminer le passage de la boue sur les tamis. La boue avec les particules les plus fines passe dans la cuve d'où elle est amenée par la conduite d'évacuation vers les hydro cyclones ou dans les bacs d'aspiration, par contre les débris de forage restent sur les tamis et sont rejetée dans un borbier, le vibreur a pour objet d'extraire du flot de boue tout les particules solides plus larges que, lesmailles du tamis



Fig. I-8 Tamis Vibrant

3-2- Equipements d'épuration fine (hydro cyclone) :

La présence des particules très fines dont la durée dépasse parfois la dureté des pièces trempées dans la boue est la cause de nombreuses difficultés d'exploitation des pompes de forage, mais l'utilisation des dessableurs permet l'élimination de ces particules jusqu'à un faible pourcentage.

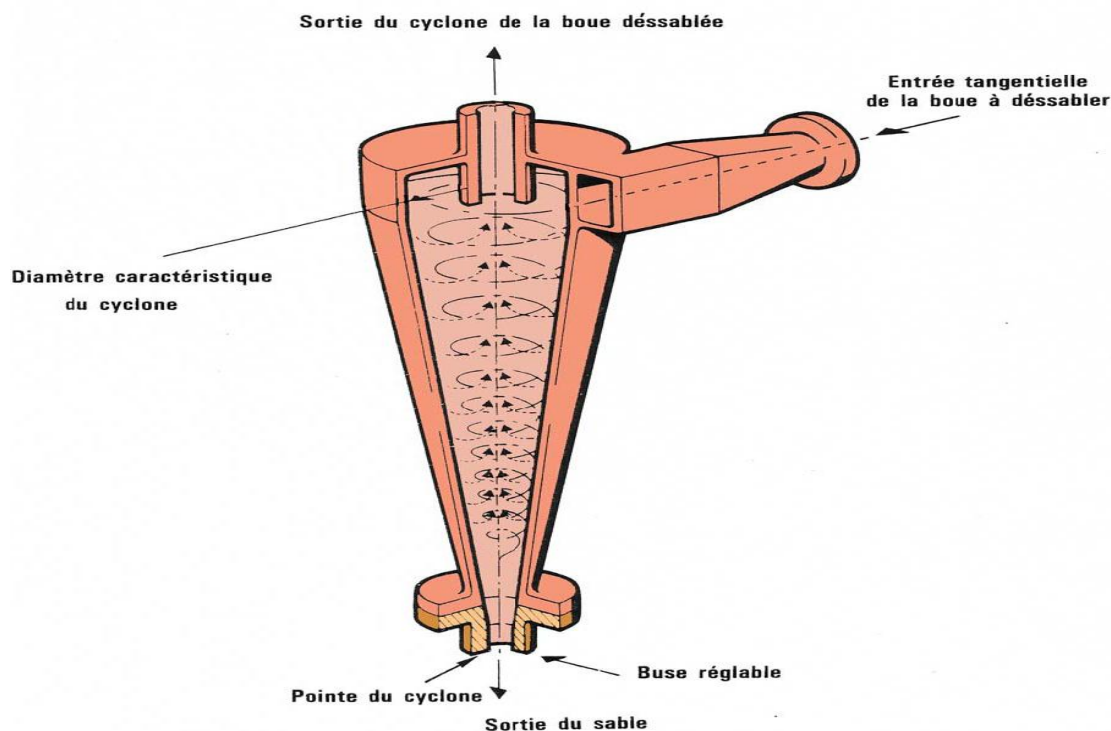


Fig. I-9 Hydro Cyclone

3-3Mud-cleaner:

La perte de boue avec l'effluent lourd des déserteurs est jugée excessive. Cet effluent lourd est donc récupéré sur un tamis vibrant à toile fine (150 à 200 mesh) : les solides sont éliminés au borbier et la boue épurée sous vibrateurs est remise en circuit. En général, le mud-cleaner est un appareil indépendant monté en parallèle sur le circuit et comporte sa pompe d'alimentation, sa batterie de cônes 4" et son tamis vibrant.

4-Généralités sur la maintenance des machines industrielles :

La maintenance industrielle, qui a pour vocation d'assurer le bon fonctionnement des outils de production, est une fonction stratégique dans les entreprises. Intimement liée à l'incessant développement technologique, à l'apparition de nouveaux modes de gestion, à la nécessité de réduire les coûts de production, elle est en constante évolution. Elle n'a plus aujourd'hui comme seul objectif de réparer l'outil de travail mais aussi de prévoir et éviter les dysfonctionnements. Au fil de ces changements, l'activité des personnels de maintenance a également évolué, pour combiner compétences technologiques, organisationnelles et relationnelles.

4-1 Définition de la maintenance :

La maintenance est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié, ou en mesure d'assurer un service rendu.

Maintenir veut dire effectuer des opérations de conservation du potentiel du matériel (Dépannage, visites, graissage, réparation, modernisation). Afin d'assurer la continuité de marche et la qualité de production.

4-2 Objectifs et importance de la maintenance :

L'expérience a montré que toute usine, entreprise ou unité de production n'est jamais bénéficiaire si elle applique une mauvaise maintenance ou elle la néglige, ceci s'explique par la mauvaise connaissance de la vie de matériel, par la négligence des opérations d'entretien et par la manque de soucis de maintenir l'outil de production en bon état. Ces facteurs sont les causes et prolonges les unités entraînant des pertes considérables et des déficits remarquables.

Pour éviter des situations pareilles et dégager des bénéfices, les responsables de l'entreprise ont compris le rôle important de la maintenance.

Parmi les nombreux objectifs de maintenance nous citons :

- ❖ De maintenir l'équipement en bon état de fonctionnement ;
- ❖ D'assurer une organisation correcte des travaux de réparation selon un planning déterminé pour réduire le temps de réparation et avoir une bonne qualité ;
- ❖ D'assurer en permanence la production avec des coûts de fonctionnement et d'entretien minimum ;
- ❖ D'assurer une meilleure gestion de stock des pièces de rechange.

4-3 Types de maintenance :

- La maintenance préventive ;
- La maintenance corrective

A- La maintenance préventive :

C'est une maintenance ayant pour objet de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu.

Les Objectifs de la maintenance préventive sont :

- ❖ Augmenter la durée de vie de matériels et de la sécurité ;
- ❖ Diminuer la probabilité des défaillances en service ;
- ❖ Prévenir et aussi prévoir les interventions de maintenance corrective ;
- ❖ Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions (gestion de la maintenance) ;
- ❖ Eviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiants, etc. ;
- ❖ Supprimer les causes d'accidents graves ;
- ❖ Diminuer les travaux urgents.

Il y a deux types de maintenance préventive, qui sont les suivants :

A-1 La maintenance préventive systématique :

C'est une maintenance préventive effectuée selon un échéancier établi suivant le temps ou le nombre d'unité d'usage.

1. condition d'application :

Ce type de maintenance nécessite de connaître :

- Le comportement de matériel ;
- Les usures ;
- Les modes de dégradation ;
- Temps moyen de bon fonctionnement (MTBF) entre deux avaries.

2. cas d'application :

- Equipement à la législation en vigueur (sécurité réglementée) ;
- Equipement dont la panne risque de provoquer des accidents graves (sécurité des biens et des personnes) ;
- Equipement ayant un cout de défaillance élevée.

A-2 La maintenance Préventive Conditionnelle :

C'est une maintenance préventive subordonnée à un type d'évènement prédéterminé (auto-diagnostique, information d'un capteur, mesure d'une usure...), elle consiste à surveiller et de façon continue l'état de fonctionnement d'un équipement et son comportement avec le temps. On l'appelle aussi la maintenance prédictive.

Les objectifs de la maintenance préventive conditionnelle sont :

- ❖ Eviter les démontages inutiles liés au systématique qui eux-mêmes peuvent engendrer des défaillances ;
- ❖ Accroître la sécurité des biens et des personnes ;
- ❖ Eviter les interventions d'urgences en suivant l'évolution dans le temps des débuts d'anomalies, afin d'intervenir dans les meilleures conditions.

1. condition d'application :

La maintenance préventive conditionnelle se caractérise par la mise en évidence des points faibles suivant le cas. Il est souhaitable de les mettre sous surveillance et à partir de là nous pouvons décider d'une intervention lorsqu'un certain seuil est atteint, mais les contrôles reste systématique et font partie des moyens de contrôle non destructif.

2. cas d'application :

Tous les matériels sont concernés. Ce type de maintenance préventive conditionnelle se fait par des mesures pertinentes sur le matériel en fonctionnement.

B- La maintenance corrective :

C'est une opération de maintenance effectuée après défaillance. Elle est effectuée dont le but de maintenir le matériel dans l'état de ses performances initiales.

Il existe deux types de la maintenance corrective, qui sont :

B-1 La maintenance palliative :

Est un ensemble d'activités de maintenance corrective destinées à permettre à un bien d'accomplir provisoirement une fonction ou partie d'une fonction. Elle est appelée couramment dépannage.

B-2 La maintenance curative :

Est un ensemble d'activités de maintenance corrective ayant pour objet de rétablir un bien dans un état spécifié ou de lui permettre d'accomplir une fonction requise. Le résultat des activités réalisées doit présenter un caractère permanent.

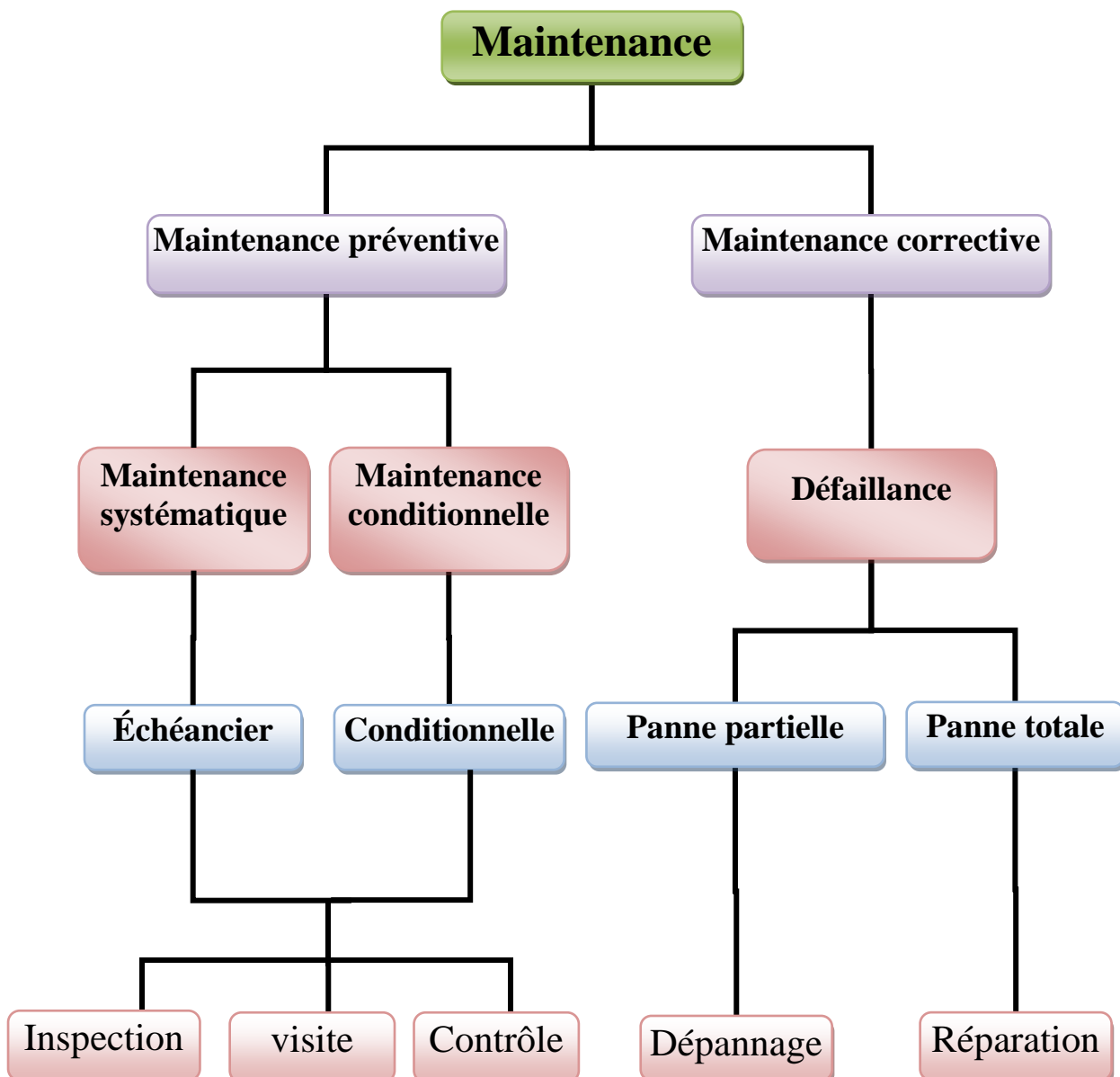
4-4 Conception de la maintenance:

Fig. I-10 Organigramme De Conception De La Maintenance