

Chapitre IV

Technologie et fonctionnement des pompes immergées

Introduction

Ce chapitre va être consacré à l'étude technologique des pompes immergées. On commencera par une classification des pompes et des roues suivies d'une description détaillée des différents composants d'une pompe immergée et de leur installation. Sensé travailler dans un milieu pouvant être agressif, le reste de l'étude sera consacré à l'étude des matériaux employés dans la fabrication de ce type de pompe et leur résistance à l'usure et la corrosion.

IV .1. Classification de la pompe immergée

Les pompes immergées peuvent être classées selon plusieurs critères :

IV .1. 1. Pompe immergée dite à axe vertical

Ces pompes sont composées de deux parties distinctes. La pompe proprement dite, travaille en immersion totale dans le puits et le moteur d'entraînement placé en surface entraîne celle-ci au moyen d'une longue tige constituant son arbre d'entraînement. Cette tige est souvent placée à l'intérieur du tube de refoulement et parfois à l'extérieur. Dans le premier cas le tube comporte des paliers lisses refroidis et lubrifiés par l'eau de refoulement. Dans le deuxième cas la tige d'entraînement et le tuyau de refoulement sont séparés et la lubrification est assurée par un circuit auxiliaire

Ce type de pompe convient pour des puits de forage de moyenne et faible profondeur (15 - 80 m). Au-delà de cette profondeur la longueur de l'arbre ne peut plus supporter les torsions et les vibrations dues à son mouvement; ce qui constitue la limite de leur utilisation.

IV.1. 2. Les groupes électropompes immergées

Afin de palier aux problèmes du cas précédent On adopte le groupe immergé. Dans ce cas la pompe et le moteur électrique travaillent en immersion totale dans le puits. Ce qui fait que cette technologie est plus élaborée et revient donc plus chère.

Le groupe est maintenu en suspension dans le puits de forage grâce au tuyau de refoulement et de centreurs adéquats. Le câblage électrique est fixé sur la canalisation de refoulement pour permettre la commande du moteur par une armoire de commande placée en surface. [24]

IV .1. 3. Les groupes dits submersibles

Ce sont des groupes électropompes à grand débit et faible pression utilisés dans le domaine de l'assainissement et le drainage. La pompe et le moteur travaillent en immersion partielle ou totale. Elles sont généralement placées dans des fosses spécialement aménagées. Elles ne sont donc pas destinées aux puits de forages.

Une pompe submersible est une unité compacte composée d'une hydraulique et d'un moteur électrique, destinée à être immergée dans une fosse dans le liquide même qu'elle doit pomper.

On peut la raccorder à la tuyauterie de refoulement par un système d'accouplement particulier permettant de descendre ou de remonter facilement la pompe du fond de la fosse ; il est également possible de la raccorder à une tuyauterie flexible ou d'autres systèmes de refoulement.

L'alimentation électrique est assurée par un ou plusieurs câbles souples, d'une longueur adaptée à l'installation.

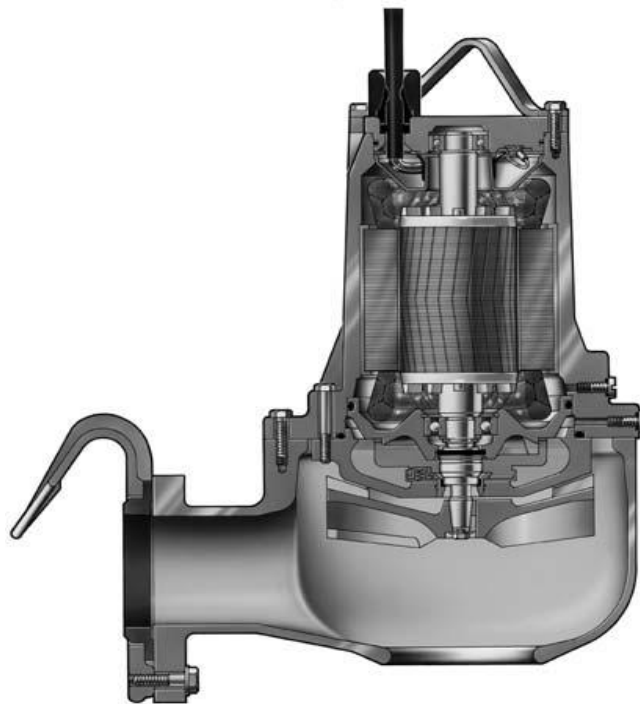


Figure IV.1. Une petite pompe submersible moderne

Certaines pompes submersibles peuvent être installées à sec, comme des pompes classiques. Cela permet d'assurer un fonctionnement ininterrompu, même en cas d'inondation de la fosse sèche. Les pompes submersibles peuvent convenir à des applications et des besoins très variés ; il existe aussi des pompes de conception particulière pour des usages spécifiques.

Une pompe submersible se compose d'un moteur étanche et d'une hydraulique adaptée.

L'hydraulique se compose d'une roue mobile, d'un corps de pompe et d'un système de raccordement adapté à l'installation : par exemple une griffe pour les installations submersibles, s'adaptant à un système de guidage et d'accouplement, un socle pour les pompes portatives, les brides nécessaires au raccordement en fosse sèche ou les joints de siège pour les installations en colonne.

Le moteur est du type sec à cage d'écureuil, adaptent toute une gamme d'hydrauliques de caractéristiques variées. Le moteur et la pompe ont un arbre commun avec des roulements et une garniture mécanique côté moteur. Ce dernier est également équipé d'entrées de câbles étanches et d'une poignée pour la manutention de l'ensemble.

On peut voir, sur la Figure IV.1. , une petite pompe submersible moderne et, sur la Figure IV.2. , une pompe de taille moyenne. La puissance des moteurs des pompes de relevage va de 1 à 500 kW, pour des usages du type vide cave portatif jusqu'au système de relevage d'eaux usées d'une

ville entière. La Figure IV.3. Montre une pompe pour installation en fosse sèche. [25]

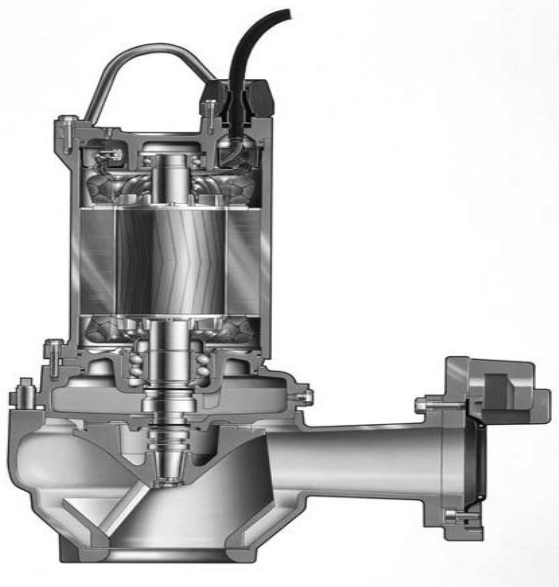


Figure IV.2. Une pompe de taille moyenne.

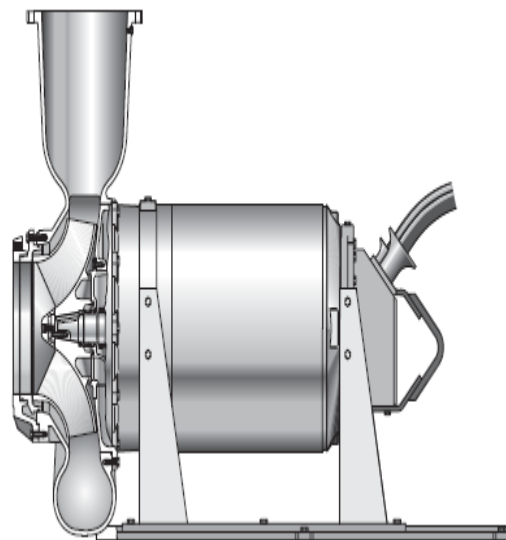


Figure IV.3. Montre une pompe pour installation en fosse sèche.

IV .2. Les différents types de roues

Les pompes immergées pour forage peuvent être dotées de roues radiales ou semi-axiales. Elles peuvent d'autre part être dotées de plusieurs roues ou cellules; ce qui fait une pompe multicellulaire. Les cellules sont montées en série le plus souvent afin d'augmenter leur pression de refoulement. Des cas spéciaux peuvent cependant utiliser des montages mixte (série-

parallèles). Les constructeurs proposent pour chaque une de leur pompe un certain nombre de cellules; le montage de la pompe se fait à la demande du client. Le nombre de cellules est calculé selon la pression exigée par le projet.

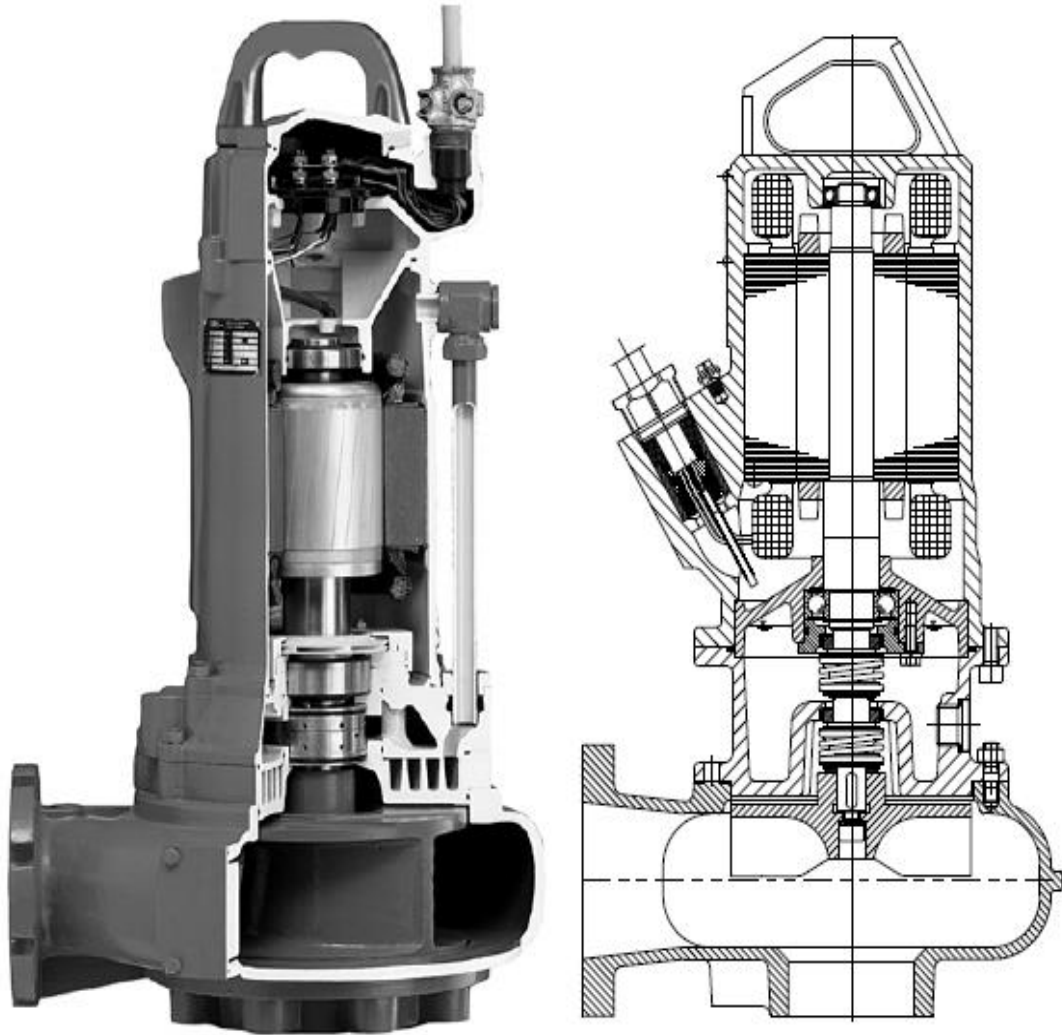


Figure IV.4. Groupe submersible à roue monocanal

Construction pompe et moteur

1. CORPS DE CLAPET
Fonte grise
2. CLAPET
Résine thermoplastique renforcée par fibre de verre
3. PALIER
Caoutchouc / Acier
4. ARBRE POMPE
Acier inox
5. CHEMISE ARBRE
Acier fritté
6. CORPS DE REFOULEMENT
Fonte grise
7. DISQUE INTERMEDIAIRE SUPERIEUR
Résine thermoplastique renforcée par fibre de verre
8. DIFFUSEUR AVEC PIECE METALLIQUE
Résine thermoplastique / Acier inox
9. DISQUE INTERMEDIAIRE AVEC PIECE METALLIQUE
Résine thermoplastique / Acier inox
10. ROUE
Résine thermoplastique renforcée par fibre de verre
11. CHEMISE
Acier inox
12. GOUTTIERE PROTECTION CABLES
Acier inox
13. SUPPORT DE CONTRE-BUTEE AVEC PIECE METALLIQUE
Résine thermoplastique / Acier inox
14. BAGUE DE SERRAGE
Fonte sphéroïdale
15. ACCOUPLEMENT
Acier fritté
16. CREPINE
Acier inox
17. CORPS D'ASPIRATION
Fonte sphéroïdale
18. SUPPORT SUPERIEUR
Fonte grise
19. ETANCHEITE MECANIQUE
Céramique / Graphite
20. ROULEMENT SUPERIEUR
Acier
21. ARBRE / ROTOR
Acier inox / Tôle magnétique
22. STATOR / BOBINAGE
Tôle magnétique / Cuivre
23. ROULEMENT INFERIEUR
Acier
24. SUPPORT INFERIEUR
Aluminium
25. MEMBRANE
Caoutchouc

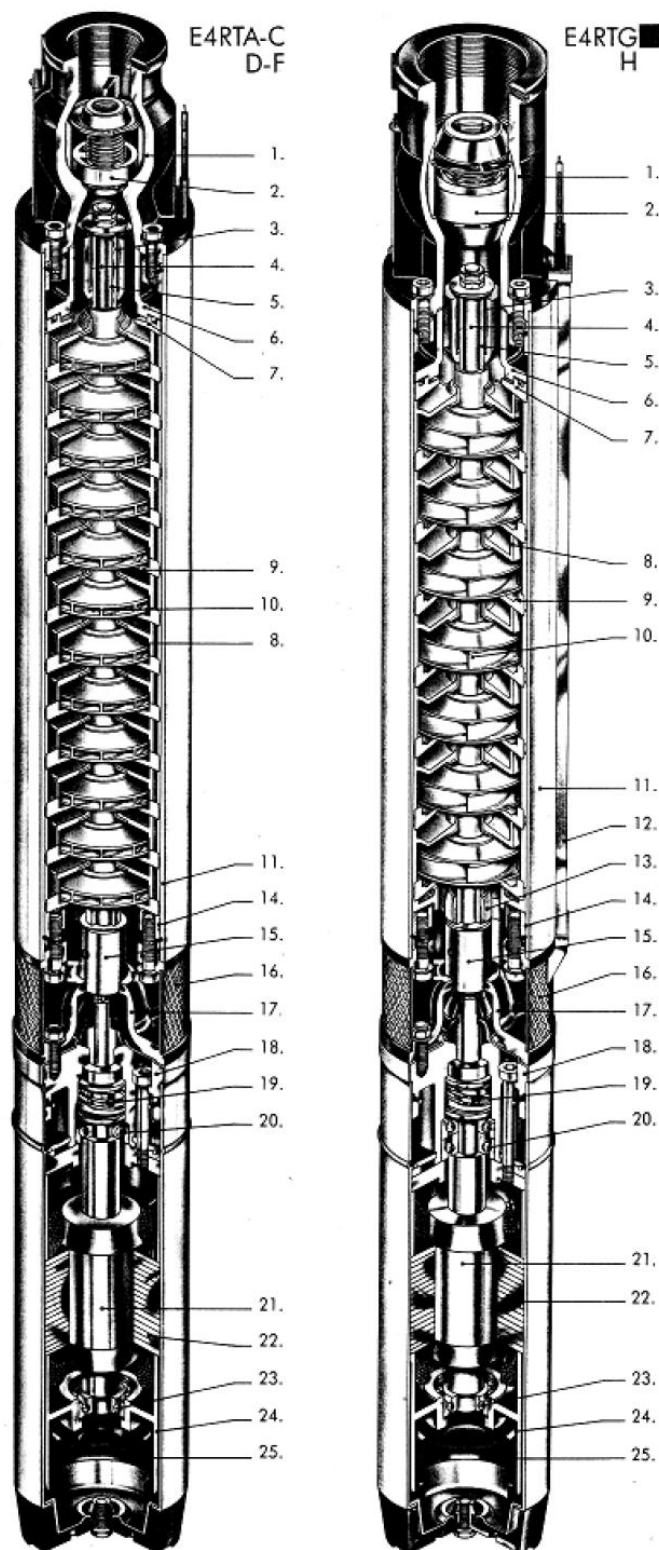


Figure IV.5. Groupes électropompes immergées

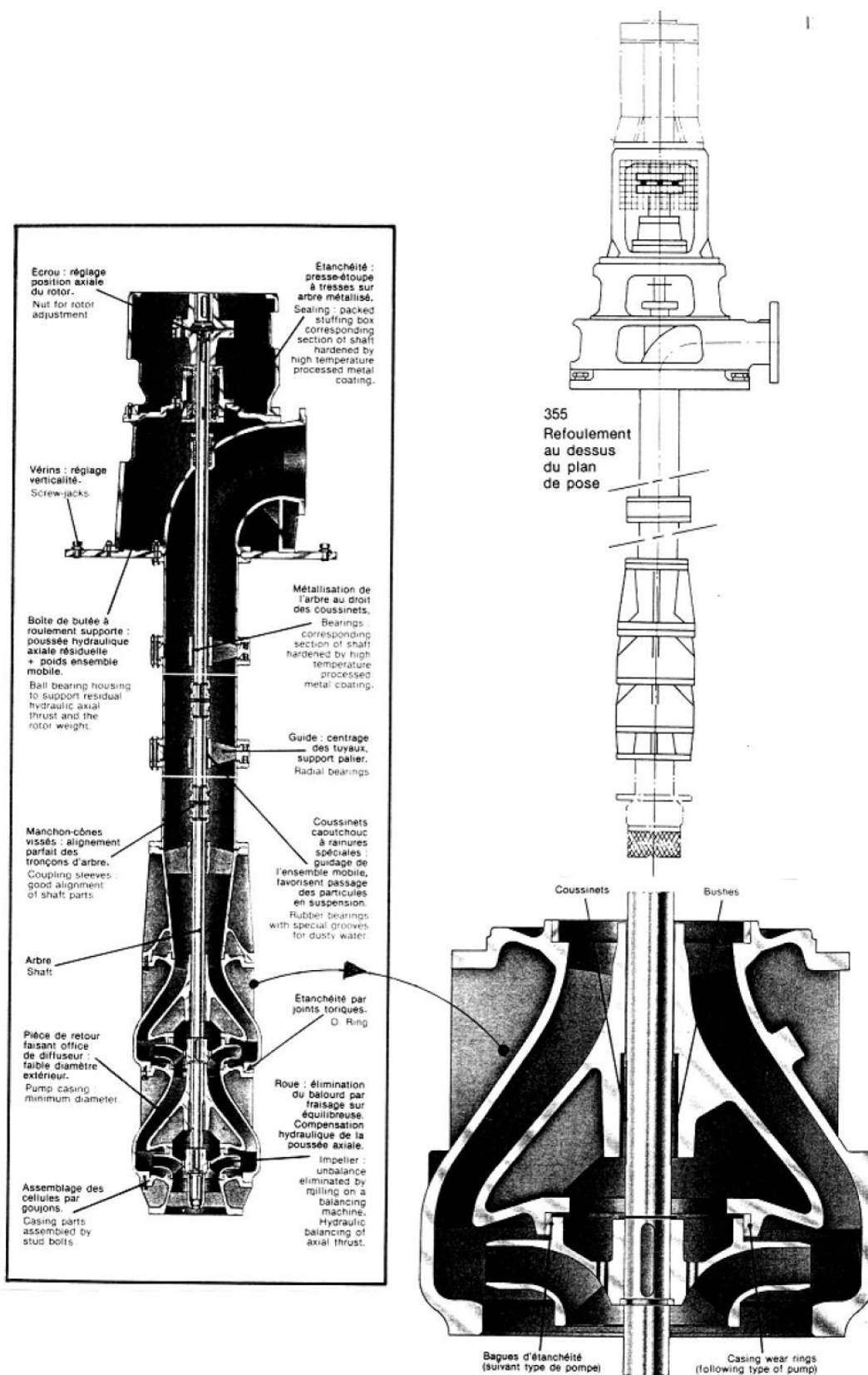


Figure IV.6. Pompe a axe verticale avec roues semi-axiales [26]

IV .3. Description des différents composants



Figure IV.7. Différentes pièces composant une pompe immergée

a. La Turbine (Ou La Roue) : Elle constitue l'élément mobile de l'énergie cinétique transmise par arbre par l'intermédiaire de ses aubes (ailettes).

b. Le Diffuseur : C'est le corps de pompe, qui constitue l'élément fixe de cette dernière. Il est destiné à recueillir le liquide qui sort de la roue, et à le diriger, soit vers l'orifice de refoulement, soit vers l'entrée de la roue suivante, selon que la pompe est mono ou multicellulaire. De plus, il transforme en pression une partie de la vitesse.

La forme principale du corps dépend du type de pompe (mono ou multicellulaire).

c. La Chambre D'aspiration : Elle constitue avec le corps de pompe l'élément fixe destiné à diriger le liquide vers l'entrée de la roue, de telle sorte que la vitesse du liquide soit uniforme en tous points.

d. L'arbre D'entraînement : C'est l'axe principal de la pompe, en acier ou acier inoxydable. Il comprend des clavettes superposées entre deux roues et une entretoise de séparation. Tous les éléments tournants sont équilibrés dynamiquement (arbre, roues et entretoise).

e. Les Clavettes : Les clavettes rassemblent les divers composants de montage mécanique assurant une liaison en rotation entre les pièces à assembler. Elles sont logées dans les rainures des pièces à assembler.

f. Les Bagues D'usure : Les séparent les sections fixes d'une pompe des sections en rotation, ainsi que les sections en basse pression de celles en haute pression. Lorsqu'une déviation produit en raison d'une opération contraire à la conception, il est possible que les bagues d'usure entrent en contact.

g. L'entretoise : Une entretoise est une pièce rigide qui relie deux turbines et les maintient dans un écartement fixe. On utilise fréquemment des entretoises pour fixer des circuits imprimés. Ces entretoises sont usées généralement des pièces tubulaires en laiton chromé.

h. Le Coussinet : Fabriqué en caoutchouc entouré par un cylindre en tôle, il permet une combinaison parfaite des fonctions du guidage de l'arbre, amortissement et passage libre du sable.

i. L'accouplement : Il est fabriqué en acier inoxydable, permet le désaccouplement de la pompe et le moteur.

j. Le Clapet Anti-Retour : Soupape qui laisse passer de l'eau dans un seul sens. [27]

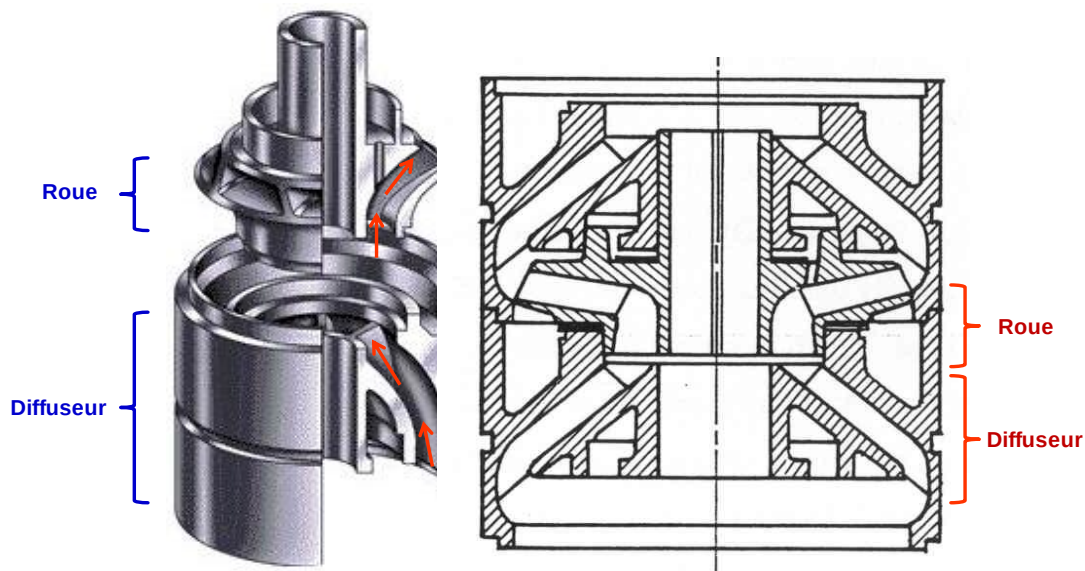


Figure IV.8. Détails des cellules composant une pompe immergée

IV .4. Installation des pompes immergées

L'installation d'une pompe est une opération qui peut se révéler relativement complexe. Elle dépend de telles conditions à respecter et nécessite des équipements hydrauliques plus ou moins importants, à savoir le type d'installation (en charge, en aspiration et en siphon), et le type de la pompe.

Pour faciliter la descente dans le forage (ou le puits) ou lors de la remontée en surface de la pompe, un câble en acier inoxydable, appelé élingue, est fixé dans les trous prévus à cet effet, à la tête de la pompe. En aucun cas, on ne doit se servir du corps de la pompe ou du moteur pour fixer ce câble. Pour les pompes installées dans un forage profond, un treuil peut être utilisé pour bien centrer la pompe dans le forage et la descendre plus facilement. La conduite d'eau est habituellement faite en tube de polyéthylène ou en acier inoxydable.

Le tube de polyéthylène est déroulé à mesure que la pompe est descendue dans le puits ou le forage

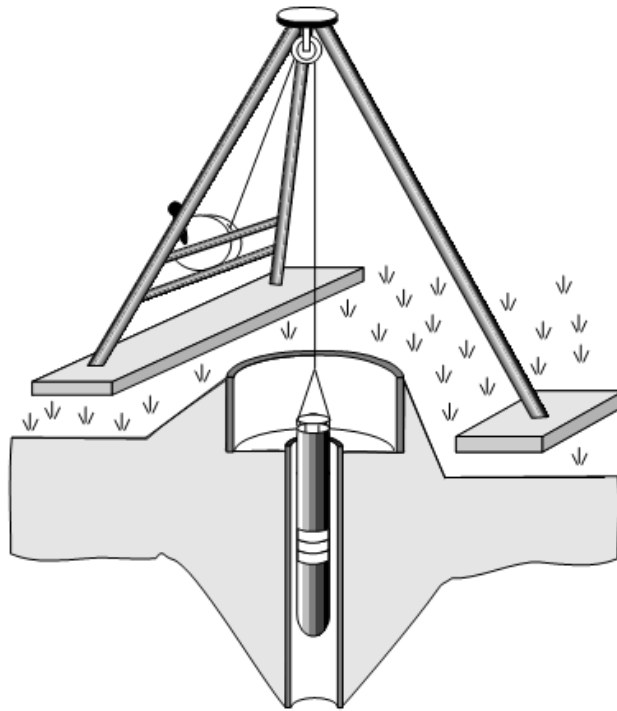


Figure IV.9. Descente de la pompe dans le forage

Les conduites en acier inoxydable sont assemblées entre elles par brides ou manchons. Pour mieux résister au couple de torsions à l'arrêt et au démarrage du moteur, tous les filets des conduits devront être très fins. Il est recommandé d'utiliser un produit adhésif commercial comme frein-filet.

Pour permettre à la pompe et au conduit d'eau de prendre leur position verticale, le câble doit être relâché après le montage du dernier tube de colonne. Pour pouvoir retirer ultérieurement la pompe du forage, il est recommandé de fixer le câble en acier inoxydable au socle en béton au niveau de la tête du forage.

Le câble électrique sera fixé à la colonne montante à l'aide de colliers astiques du type attache-câbles. Une fixation sera prévue juste au-dessus en dessous de la jonction du câble provenant du moteur et du câble submersible. Le câble sera ensuite attaché tous les 3 mètres.

Les tubes en polyéthylène peuvent s'allonger d'environ 2% durant leur durée de vie utile. Il faut donc prévoir un jeu d'environ 6 centimètres pour chaque fixation distante de 3 mètres.

Lorsque la pompe est descendue à la profondeur désirée, il est recommandé déterminer sa fixation par un joint ou des colliers de fer reposant sur le socle en béton. Noter que, pour une pompe équipée de tubes en polyéthylène, la profondeur d'installation de la pompe devra tenir compte de l'allongement éventuel du tube. [28]

IV .5. Conditions d'installation d'un groupe immergé

La conception des prises d'eau des installations de pompage en forage doit prendre en compte :

- la vitesse de circulation de l'eau dans l'espace annulaire,
- la position de la crépine de la pompe par rapport :
 - au niveau dynamique (le circuit de l'eau doit circuler autour du moteur),
 - aux crépines du forage : il est déconseillé de mettre la crépine de la pompe en face des crépines du forage (risque d'entraînement de sable).
- la compatibilité entre le débit de la pompe et le débit du forage.

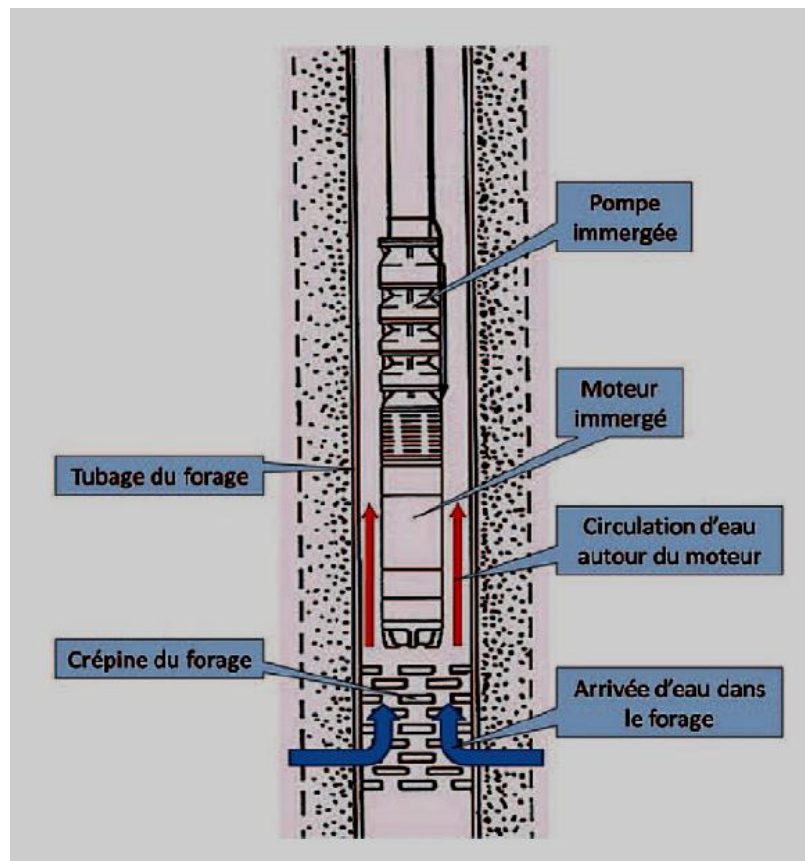


Figure IV.10. Règles d'installation d'un groupe immergé dans un puits de forage

IV .6. Matériaux entrant dans la fabrication des pompes

Les matériaux les plus utilisés couramment dans la construction des pompes sont les fontes, les aciers, les aciers inoxydables et les alliages de cuivre. Pour des cas particuliers, surtout dans les industries chimiques et pétrolières, des alliages de nickel, d'aluminium, de plomb, de titane...etc. ainsi que des matières non métalliques sont souvent employés. Ces pompes, d'une construction plus spéciale, ne seront pas traitées ici.

IV .6.1. Caractéristiques des matériaux

IV .6.1.1. Fonte moulée

La fonte grise, matériau relativement économique, est utilisée partout où les exigences mécaniques et la nature de l'eau le permettent.

Les fontes grises non alliées à graphite lamellaire sont celles qui n'ont pas fait l'objet d'addition intentionnelle d'éléments d'alliages. Leur teneur en carbone se situe entre 2,8 et 3,6 %. Leur structure et leur résistance mécanique dépendent non seulement de leur composition chimique, mais aussi de l'épaisseur du moulage (refroidissement du métal dans le moule). Les caractéristiques d'une pièce moulée varient donc selon les épaisseurs, fait donc le constructeur doit tenir compte.

En variant la teneur en carbone, par addition d'autres éléments d'alliages et avec des traitements thermiques appropriés, un large éventail de fontes améliorées, de caractéristiques physiques et mécanique différentes, peut être obtenu : (Fontes perlitiques, fontes à graphite sphéroïdal, fontes austénitiques)

IV.6.1.2. Les aciers moulés

Les aciers moulés ordinaires ont une résistance à la corrosion comparable aux fontes grises, mais sont généralement choisis pour leurs caractéristiques mécaniques supérieures. En ajoutant d'autres éléments d'alliages, les propriétés physiques et mécaniques se trouvent fortement améliorées. Les aciers inoxydables à fort pourcentage en chrome et les aciers austénitiques au chrome-nickel sont surtout utilisés pour résister à la corrosion.

IV.6.1.3. Les alliages de cuivre

Les alliages cuivreux couramment utilisés sont:

Bronze : alliage de cuivre et d'étain; utilisés pour les roues et les pièces d'usure, éventuellement pour les corps de pompes susceptibles de résister à la corrosion **Laitons** : alliage de cuivre et de zinc; avec excellentes caractéristiques mécaniques, une très bonne résistance à la corrosion et une bonne aptitude pour la fabrication de pièces étanches.

Cupro-aluminium : alliage de cuivre et d'aluminium ont une résistance mécanique et une excellente tenue à la corrosion et à la cavitation. [29]

IV .6.2. Résistance

IV .6.2.1. Résistance a la corrosion

La fonte est le matériau principal d'une pompe submersible d'assainissement, avec l'acier inoxydable de la boulonnerie et de certaines parties internes. L'arbre de pompe est, soit en acier inoxydable, soit protégé contre l'action des effluents pompés. Lorsque la pompe ou son socle comporte des parties en acier, celles-ci sont galvanisées à chaud. En fonctionnement dans des conditions normales, ces matériaux peuvent durer des dizaines d'années.

Parfois, lorsque le liquide pompé contient des effluents industriels, la résistance à la corrosion de la fonte peut se révéler insuffisante ; c'est particulièrement vrai pour les parties en soumises à une vitesse de liquide importante, par exemple la roue mobile et le corps de pompe, qui seront détériorés par une corrosion érosive. Dans ce type d'application, la couche naturelle d'oxydation qui protège la pompe de la corrosion sera détruite, laissant place à une corrosion rapide. Il est conseillé d'utiliser de l'acier inoxydable pour ces parties sensibles.

La corrosion par l'eau de mer dépend de multiples facteurs tels que la salinité, la teneur en oxygène, la pollution ou la température ; il faudra donc déterminer le matériau adéquat au cas par cas. Dans certains cas, les anodes en zinc peuvent offrir une protection efficace.

IV .6.2.2. Resistance a l'usure

La quantité de sable contenue dans les effluents est de l'ordre de 0,002 à 0,003 % (en volume). Cette quantité peut augmenter périodiquement, lors de chutes de pluie ou de neige importantes, dans les stations recueillant à la fois les eaux usées et les eaux de pluie. La fonte est capable de résister pendant des années à l'usure dans la plupart des applications ; mais il faut recourir à des matériaux particuliers pour le pompage d'effluents très abrasifs, tel que le pompage de liquides provenant de stations de traitement avec piège à sable.

IV.6.2.3. Cas des liquides abrasifs

Avec les liquides abrasifs, les performances de la pompe dépendent essentiellement de la quantité de particules dans l'effluent. Les particules les plus communes sont le quartz et la silice, pour lesquelles on pourra appliquer directement ce qui suit. La quantité de sable contenue dans l'eau peut s'exprimer en volume ou en poids ; la relation entre les deux est la suivante :

$$P_m = 3 \cdot P_v$$

Où - P_m : Le poids[%]

- P_v : Le volume[%]

Par exemple, lorsque $P_v = 5\%$, cela équivaut à $P_m = 15\%$.

La densité augmente rapidement avec la quantité de sable contenue dans l'eau. La puissance absorbée par la pompe est en relation directe avec la densité du liquide pompé. Pour chaque cas où une quantité importante de sable est contenue dans le liquide pompé, il faut s'assurer que la puissance absorbée par la pompe ne dépasse pas celle que peut fournir le moteur. Pour le pompage d'effluents provenant de cuves de dessablage, prévoir une réserve de 30% de puissance est raisonnable.

IV .7. Facteurs influant sur l'usure

La dépression au cours de laquelle une pompe donnée commence à usée dépend de plusieurs facteurs :

- la quantité de sable,
- la qualité du sable,
- la HMT de la pompe,
- le type de roue
- Vibration : fréquence et amplitude
- Profondeur de pénétration
- Fluide porteur : nature, conditions de circulation
- Outil : nature du matériau, forme et dimensions
- Pièce : nature du matériau, forme à réaliser
- Chef d'aspiration nette positive requis.
- Augmente à mesure que le taux de débit à travers la pompe augmente.
- Augmente avec la vitesse de fonctionnement de la pompe.

IV .8. Les symptômes de l'usure

Les symptômes de l'usure sont causés tant par la présence de ces bulles, ainsi que par leur effondrement ultérieur ou de l'implosion.

Les symptômes comprennent :

- Une baisse subite de la pression de refoulement.
- Popcorn bruit d'éclatement.
- Vibrations, parfois violentes.
- Un bruit sourd.
- Perte de grande écoute.
- Une usure poisson écailles sur la face arrière des aubes de turbine.
- Besoin fréquent d'ajuster emballage arbre.

IV .9. Conséquences de l'usure

L'usure est pratiquement toujours source de nuisances lorsqu'elle se produit dans une installation hydraulique, nuisances allant souvent en s'accroissant à mesure que le phénomène se développe.

IV .9.1. Le bruit

La première manifestation d'une pompe qui cavite c'est le bruit, qui révèle la présence de microbulles dans l'écoulement, ce bruit hydraulique généré par la cavitation excite ensuite les parois de la pompe et des tuyauteries proches de celles-ci, les tuyauteries, à leur tour, rayonnent ce bruit dans le milieu aérien ambiant. de cette façon, lorsque une pompe cavite de manière importante, on enregistre un bruit, caractéristique de crépitements et claquements quelquefois assimilé au bruit d'agréats dans une bétonnière ou de concasseur, pour les machines de grandes tailles ou tournant très vite, le bruit aérien généré par la cavitation peut être gênant pour l'utilisateur ou l'environnement, cependant, la part du bruit qui incombe directement à la cavitation ne représente qu'une faible partie du bruit rayonné par la pompe.

Lorsque la cavitation apparaît, on assiste à la formation de petites poches de vapeur dont le grossissement est toujours suivi d'une implosion violente. D'un point de vue acoustique, ces cavités se comportent comme des monopoles, sources de bruits les plus efficaces dans le liquide. Elles sont donc la cause de bruits intenses, caractéristiques, s'étendant dans une plage étendue de fréquences, pouvant aller de quelques centaines de hertz à plusieurs Mégahertz.

IV .9.2. L'érosion

La cavitation intéresse une partie non négligeable des machines : aubes de turbines, profils de pompes, pales d'hélices. Les bulles de vapeur sont alors de dimensions importantes. Lors de leur collapse, Les chocs produits peuvent être suffisamment violents pour causer des dégâts aux structures voisines. L'aspect de la surface érodée rappelle celle d'une peau d'orange. Par la suite,

il arrive que la cavitation se manifeste à percer les matériaux sur des épaisseurs de plusieurs millimètres.

IV.9.3. Les chute de performances

Lorsque la cavitation continue de se développer, soit que l'on baisse le niveau général de pression des écoulements, soit que l'on augmente leur vitesse, la vapeur peut entièrement recouvrir les parties actives des machines, limitant ainsi leurs performances.

D'un point de vue général, on peut donc conclure qu'il est intéressant de connaître, pour une machine ou un composant pouvant présenter de la cavitation :

- Les conditions d'apparition du phénomène ;
- Le bruit émis en régime cavitaire ;
- Les érosions éventuelles à attendre ;
- Les performances optimales et les conditions de leur dégradation.

IV .10. Usure abrasive

IV .10.1. Définition de l'usure abrasive

Dans le glossaire de l'organisation de coopération et de développement économique, l'usure abrasive est définie comme étant l'usure par déplacement de matière transporté par des particules dures ou des protubérances dures. Donc l'usure abrasive est le résultat du frottement de glissement par labourage ou par déformation plastique. L'usure peut se faire à deux corps, directement à partir des solides en contact ou bien à trois corps comme l'indique le schéma (Figure IV.11.).

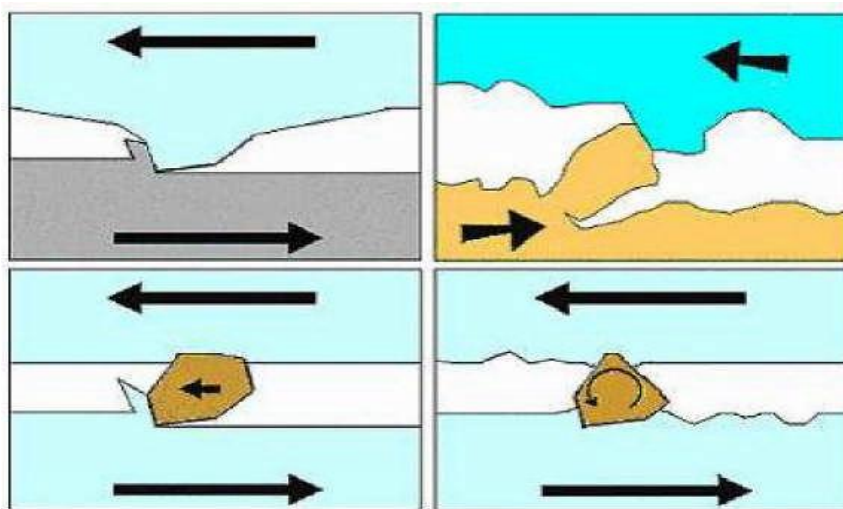


Figure IV.11. Schéma de principe de l'usure abrasive

Il faut noter que l'usure abrasive existe toujours quel que soit le système mécanique. En effet, les débris d'usure générés par les autres modes (adhésions ou fatigue) sont généralement

plus durs que les surfaces en contact et par suite participent à l'abrasion, ainsi que les grains abrasifs constitués de poussières ou de sable de fonderie.

IV .10.2. Aspects tribologiques de l'usure abrasive

Il convient de distinguer deux processus d'abrasion des surfaces de frottement :

IV .10.2.1. Usure abrasive a deux corps

L'usure abrasive à deux corps se fait par les aspérités ou protubérances dures d'une deux surfaces sur l'autre plus tendre, appelée "abrasion à deux corps" (Figure IV.12). Les sillons sont formés parallèlement à la direction de déplacement des aspérités abrasives.

En général, un matériau mou et malléable conduit à une usure uniforme tandis que pour un matériau plus dur, l'usure est plus localisée dans la région inter lamellaire ou les couches d'oxydes forment des points faibles et entraînent le décollement des lamelles.

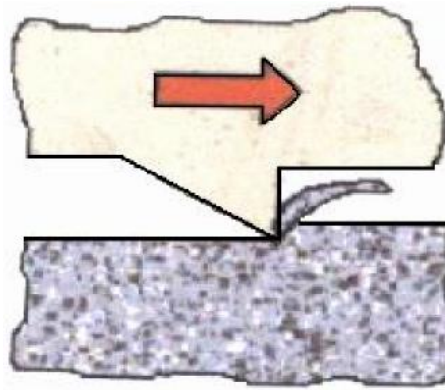


Figure IV.12. Usure abrasive à deux corps.

IV .10.2.2. Usure abrasive a trois corps

L'usure est provoquée par des particules dures (Figure IV.113) soit véhiculées entre les deux surfaces en contact, soit enchâssées dans l'un d'elles, généralement la plus tendre.

L'accumulation de débris d'usure entre les corps finit par constituer une couche intermédiaire, le troisième corps. Selon [JOHNSON, K.L ; 1994], le cisaillement de la couche intermédiaire est la principale source de frottement. Le rodage, le polissage à la pâte ou à la poudre sont des genres d'usure abrasive à trois corps.

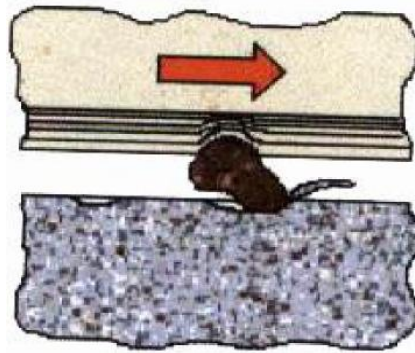


Figure IV.13. Usure abrasive à trois corps.

IV.10.3. Schémas des mécanismes d'usure abrasive

En fonction de la sévérité du contact, plusieurs transformations de la surface abrasée se produisent. Elles dépendent des propriétés mécaniques et de la géométrie des matériaux en contact. Si la surface du solide sollicité est considérée comme parfaitement plane, les endommagements suivants peuvent être observés [GEORGES, 2000] (Figure IV.14) :

- coupe, si l'abrasif est suffisamment aiguisé (Figure IV.14.a) ;
- repoussage de la matière en surface (Figure IV.14.b) ;
- fracturation, si le solide est fragile (Figure IV.14.c) ;
- enlèvement de grains, si le matériau est insuffisamment homogène (Figure IV.14.d).

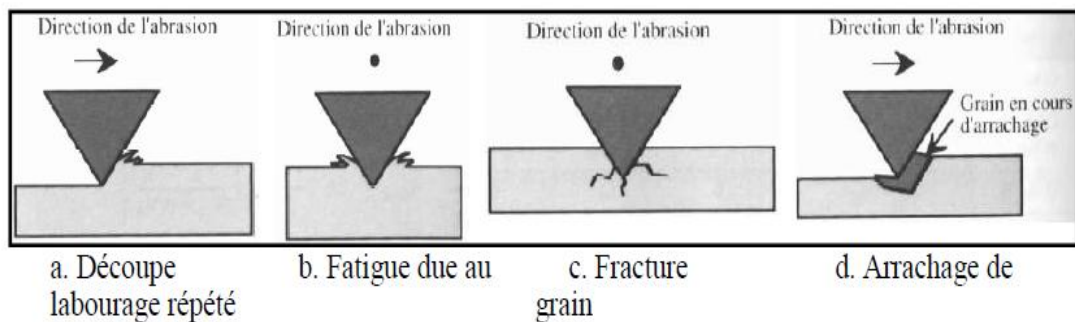


Figure IV.14. Schémas des mécanismes d'usure abrasive

La Figure IV.15 a montré l'effet produit par une aspérité dure ou le grain abrasif peut être assimilée à un outil de coupe élémentaire, il provoque sur la surface sur lequel il frotte une rayure (sillon d'abrasion) comme l'indique la figure III.5.b. [GEORGES SPINNLER ; 1997]

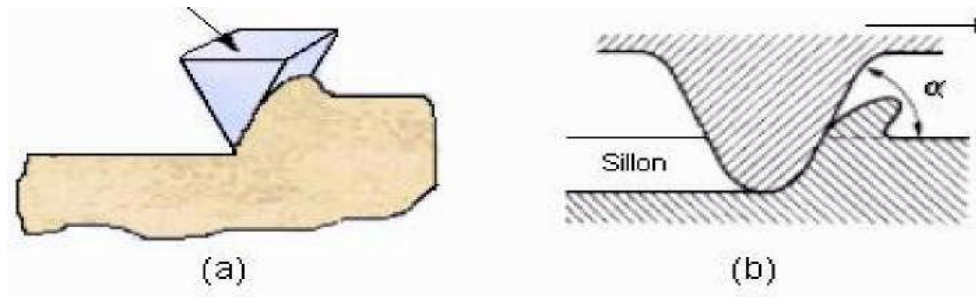


Figure IV.15. Effet d'une aspérité

IV.10.4. Paramètres influent sur usure abrasive

La quantité du métal du sillon abrasif éliminé de la surface sous forme de particules d'usure par rapport à celle affectée par la déformation plastique est relativement faible, environ 10% à 20% en moyenne. Cette quantité enlevée dépend de nombreux paramètres et plus particulièrement par la dureté et la forme des particules abrasifs.

IV.10.4.1. La dureté

La dureté relative de la surface abrasée et de l'abrasif. Lorsque la dureté de la surface rayée approche celle de l'abrasif, celui-ci s'émousse, diminuant son aptitude à la coupe.

IV.10.4.2. La forme

La forme de la partie active de l'abrasif, si elle présente des angles vifs, convenablement orientés par rapport au sens de glissement (figure III.6.a), l'abrasion sera analogue à un processus de coupe et la trace laissée sera désignée comme une rayure de micro coupe, contrairement, si elle est arrondie est polie, il y'aura un très peu de matériaux enlevé (figure III.6.b). [J. AYL ; 1979]

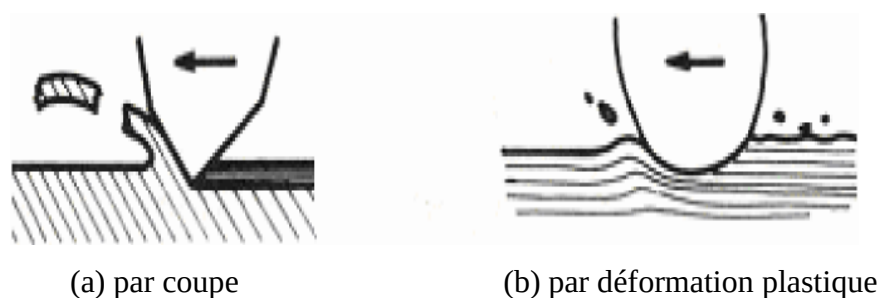


Figure IV.16. Mécanisme de l'abrasion

Si les grains abrasifs roulent entre les deux surfaces provoquent moins d'usure que s'ils glissent ou s'incrudent dans l'une des deux surfaces.

La perte de matière dépend à la fois du matériau usé et de l'abrasif et l'aspect des sillons fournit de précieuses indications :

- S'ils sont brillants et très peu profonds, les aspérités de la pièce antagoniste ont raclé les couches d'oxydes.
- S'ils sont isolés, et interrompus, des particules dures introduites entre les surfaces se sont plus ou moins incrustées.
- S'ils sont continus et rayent la pièce dure, des particules abrasives sont enchâssées dans la pièce tendre.
- S'ils sont continus aussi et marquent la pièce tendre, la pièce antagoniste plus dure et sa surface de contact est rugueuse.

Donc pour rayer une surface il suffit d'une autre plus dure de 20% à 25%.

IV.10.5. Paramètres du processus d'abrasion

Les acteurs des processus d'abrasion sont essentiellement :

IV.10.5.1. Le corps abrasif

L'usure abrasive dépend fortement de la dureté, de la géométrie, de la résistance à l'usure et du mode de fragmentation des abrasifs. En effet, la dureté est importante puisqu'elle détermine l'aptitude physique du grain à rayer un matériau plus tendre. En revanche, la forme du grain a une influence évidente sur son agressivité en combinaison avec sa dureté. Mais également sa résistance à la rupture qui pourra favoriser l'arrondissement du grain ou au contraire la création de nouvelles arêtes vives selon le mode de fragmentation,

IV.10.5.2. L'environnement

L'environnement comprend essentiellement l'humidité et la corrosivité du milieu. Les effets de l'humidité sont négligeables dès que la vitesse d'usure est importante et concerne un volume du matériau supérieur à ce lui qui est susceptible d'être modifié par une oxydation ou un échauffement superficiel. En revanche, si l'intensité de l'usure est faible (abrasion sous faibles charges ou avec des grains fins ou sphériques), les propriétés du milieu et de la couche superficielle sont très influentes. En milieu chimiquement très agressif, la corrosion peut se superposer à l'abrasion, dont les effets de coupe sont susceptibles de détruire la couche passive éventuelle, la vitesse d'usure dépend alors de la rapidité de passivation du métal dans le milieu et de l'intensité d'abrasion.

IV.10.5.3. La température

La température peut influencer la résistance à l'usure abrasive et suivant ses effets une diminution ou augmentation de la résistance. Une température élevée favorisera l'oxydation ou la corrosion, dans certains cas une couche d'oxyde bien adhérente au métal de base peut le

protéger de l'abrasion. Un certain nombre d'aciers réfractaires montrent une bonne résistance combinée à l'abrasion corrosion et leur domaine d'utilisation en température. [30]

Conclusion

Il ressort de ce qui a précédé que les pompes immergées sont des machines délicates dont la fabrication demande des soins particuliers afin de prolonger leur durée de vie. Elles doivent résister à l'usure et aux différents agents chimiques contenus dans l'eau. Elles doivent aussi pouvoir refouler sur des hauteurs importantes afin de vaincre la hauteur importantes des puits de forages.