

Sommaire :

Remerciement.....	2
Introduction.....	3
Première partie.....	4
1- Statut de l'ONEP.....	5
2- Siège de l'office.	5
3- Historique.	5
4- Activités à l'ONEP.	5
5- Structure administrative.	5
Deuxième partie	9
1- La démarche suivie pour réaliser un projet.	10
2- Notions générales.	11
3- Les pompes.	14
3.1- les problèmes des pompes.	15
3.2- l'étanchéité.	16
3.3- les matériaux utilisés.	16
4- Les matériaux des conduites.	17
5- Le coup de bélier.	20
6- Rapport sur la mission.	24
Conclusion.....	25
Annexes.....	26

Remerciements

Il m'est un grand plaisir d'avoir eu la chance d'être en contact quotidien avec des gens que j'ai appris à respecter pendant ce mois grâce à leur travail continu et à leurs compétences .

Je voudrais remercier toutes les personnes qui m'ont aidé, qui m'ont appris beaucoup de choses et qui étaient très gentils avec moi tout le long de ce stage.

Je remercie, par ordre chronologique des rencontres :

- ☒ Mme. Bouchra ZIANI.
- ☒ Mr.OUILJI Mohammed.
- ☒ Toute l'équipe du bureau entretien et maintenance.
- ☒ Mme JANNAT.
- ☒ Mrs.MGHAFRI et ACHOUR.
- ☒ Tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.

Merci.

Introduction

Un stage d'initiation est une expérience nécessaire pour les stagiaires du moment où il leur permet de poser le premier pied au sein du milieu du travail. Ce stage permet d'atteindre les objectifs suivants :

- ❖ La découverte du monde de travail.
- ❖ L'acquisition du savoir-faire.
- ❖ La concrétisation des savoirs acquis théoriquement par la force de la pratique professionnelle.
- ❖ Avoir une idée sur les relations professionnelles et humaines au sein de la société.
- ❖ Examiner son aptitude d'adaptation et d'intégration dans un nouveau monde de travail parmi des personnes inconnues .

Pour avoir une idée globale et concrète sur les déroulement des travaux à l'O.N.E.P. L'encadrant a opté pour une visite à tous les services qui pourraient m'intéresser lors de ce stage au mois de Juillet 2002. C'est à partir de cette visite que j'ai pu dégager les fonctions de chaque service ainsi que la structure de l'office.

J'ai collecté ces informations et je les ai représenté dans la première partie de mon rapport de stage, alors que j'ai consacré la deuxième partie à la présentation de ce que j'ai appris lors du stage .

PREMIERE PARTIE

PRESENTATION DE L'ONEP.

1-Statut de l'O.N.E.P :

L'office nationale de l'eau potable est un établissement à caractère industriel et commercial, doté de l'autonomie financière et de la personne morale. Il est sous tutelle du ministère des équipements.

Cet organisme s'occupe de la production et de la distribution de l'eau potable. Il a pour mission de :

- ❖ Pérenniser et sécuriser les ressources en eau potable.
- ❖ Généraliser l'accès à l'eau potable.
- ❖ Gérer l'assainissement.

2-Siège de l'office :

- ❖ Localisation :20 rue Antirabé VN Meknès.
- ❖ Téléphone :055 52 05 08/52 26 87.
- ❖ Fax : 055 52 41 95.
- ❖ Boîte postale : 54 Meknès.
- ❖ Limites territoriales : région centre-sud.

3-Historique :

Créée en 1929 par le Dahir du 29 juillet correspondant au 12 Safar 1348 sous le nom de la Régie de l'exploitation industrielle R.E.I, elle fut chargée de l'exploitation des services. Mais après l'indépendance, l'Office Nationale de l'Electricité est créée et la R.E.I devient O.N.E.P le 03 avril 1972 par le Dahir 7203. Le Dahir 31/00 lui attribue la fonction de gérer l'assainissement.

4-Activités de l'ONEP :

Nul ne peut nier l'importance de l'eau comme élément vital, de là est née la nécessité de doter le pays d'un établissement tel l'ONEP. Il a pour fonctions principales :

- ❖ La planification de l'approvisionnement en eau potable du royaume.
- ❖ L'étude, la réalisation et la gestion d'adductions d'eau potable.
- ❖ Le contrôle de la pollution des eaux susceptibles d'être utilisées pour la production d'eau potable.
- ❖ L'assainissement.

5-Structure administrative :

5.1-Les directions régionales :

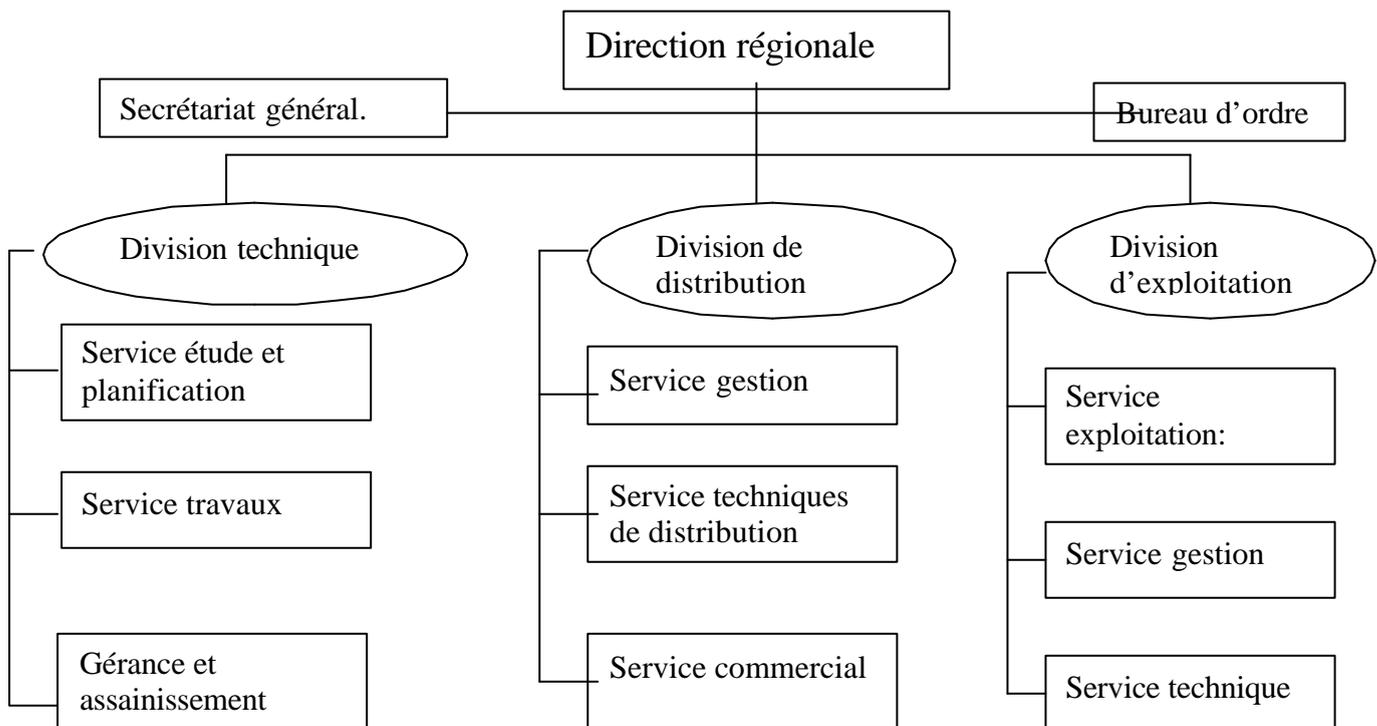
L'ONEP s'organise suivant 8 directions régionales (DR) qui sont toutes contrôlées par une direction centrale à Rabat. Ces huit DR sont :

- ❖ DR1 :AGADIR.
- ❖ DR2 :MARRAKECH.
- ❖ DR3 :KHRIBGA.
- ❖ DR4 :KENITRA.
- ❖ DR5 : FES.
- ❖ DR6 :OUJDA.
- ❖ DR7 :MEKNES.
- ❖ DR8 :LAAYOUNE.

Il connaît actuellement une restructuration au niveau de la Direction Générale DG et au niveau des directions régionales qui ont des directions provinciales DP (la DR7 a 2 DP DR7/1 D'Errachidiya et la DR7/2 de Khénifra).

5.2-Structure administrative de la DR :

L'organigramme suivant explicite la structure de la DR :



Les paragraphes suivants expliquent les fonctions des différentes divisions.

a) Bureau d'ordre et secrétariat de la direction :

Afin d'assurer les relations soit avec le monde externe soit entre les différents services au sein de l'office, deux organes administratifs ont été créés pour assurer cette fonction et qui sont :

- ❖ Le bureau d'ordre : assurant la gestion du courrier.
- ❖ La secrétariat de direction : liée directement au directeur général, elle assure l'acheminement du courrier des différentes divisions, répond aux communications téléphoniques internes et externes, enregistre les fax de départ et d'arrivée et accueille les visiteurs étrangers.

b) Division exploitation :

Cette division est composée des services suivants :

- Service exploitation :

Il s'organise selon les bureaux suivants :

- ❖ Bureau exploitation : assure la production et la distribution d'eau potable au niveau des centres rattachés à la DR et de coordonne cette activité avec les DP.
- ❖ Bureau hygiène et sécurité : gère le matériel de sécurité de l'ONEP.

- Services de l'organisation de la maintenance :

Ce service établi et organise les interventions préventives et curatives et entretient tous les équipements relevant des centres de la DR. Il est composé de :

- ❖ Bureau entretien : entretient les installations des centres relevant de la tutelle de la DR.
- ❖ Bureau gestion de stock : gère le stock des matières consommables et du matériel tel que : eau de javel, chlore, matériel de branchement...
- ❖ Laboratoire : contrôle la qualité des eaux produites et distribuées suivant les normes marocaines.

c) Division technique :

Les services qui constituent cette division sont :

- Service études et planification :

Il effectue l'étude de tous les projets, et comporte les bureaux suivants :

- ❖ Bureau études et programmation : après que les responsables aient réalisé les études concernant les nouveaux projets, ils les confient au service technique qui assure l'établissement de la partie technique du dossier consultation et assure la réalisation des études complémentaires ou les études relatives aux modifications éventuelles qui apparaissent lors de la réalisation des travaux.
- ❖ Bureau dessin : spécialisé dans la préparation des plans et schémas d'alimentation.

- Service travaux :

Assure le suivi et le contrôle des travaux des chantiers pour les projets d'alimentation de l'eau potable.

- Service gérance et assainissement :

Ses différentes composantes sont :

- ❖ Bureau logistique : gère les marchandises et les lettres de commandes engagées par les diverses entités, s'occupe du contrôle et paiement et gère les marchés de l'ONEP.

- ❖ Bureau gérance : entretient les relations entre l'ONEP et les différentes communes et prépare les dossiers de prise en gérance des nouveaux centres.
- ❖ Cellule d'assainissement : elle se charge de la collaboration avec les services centraux de suivi concernant les études et travaux d'assainissement.

d) Division distribution :

Cette division se compose des services cités ci-après :

- Service gestion :

Qui s'organise comme suit :

- ❖ Bureau administratif : s'occupe des intérêts du personnel de la DR (sécurité, embauche retraite...) et assure les fonctions suivantes :
 - Gestion administrative du personnel.
 - Veille à l'application de toutes les lois administratives concernant la gestion humaine.
 - Participation à l'organisation des concours externes et internes et vérification des dossiers de recrutement.
 - Veille à l'application des procédures administratives et des règlements qui régissent le statut de l'office.
- ❖ Bureau parc auto et moyens généraux : gère les véhicules de la DR et établit la situation mensuelle du parc, les vignettes de carburant et les ordres de missions ; il contrôle aussi les carnets de bord.

- Service technique de distribution :

Il contient deux bureaux qui sont : le bureau requête et le bureau détection de fuites qui veillent à assurer un meilleur service public.

-Service commercial :

Composé lui aussi de deux bureaux :

- ❖ Bureau comptabilité : qui a plusieurs cellules :
 - Cellule recouvrement et suivi des impayés.
 - Cellule facturation.
 - Cellule gestion des abonnés.
 - Cellule régie des recettes.
- ❖ Bureau gestion des vignettes : chaque administration est tenue de conclure avec l'ONEP une ou plusieurs conventions pour l'acquisition des vignettes eau-électricité, pour le règlement des facturations émises au titre de l'exercice budgétaire. Ces vignettes seront délivrées par l'ONEP après versement du montant prévu par la convention à un compte ouvert en son nom à cet effet à la trésorerie générale du royaume.

DEUXIEME PARTIE

NOTIONS ACQUISES LORS DU STAGE.

1-La démarche suivie pour réaliser un projet :

J'ai voulu parler de ce point parce que j'ai été frappé par la complexité et la précision de cette démarche.

Pour réaliser un projet d'alimentation en eau potable, plusieurs études et travaux sont nécessaires.

❖ Partie études :

Tout d'abord une collecte d'information sur le site est effectuée telle que : les ressources en eau, constitution géologique du terrain, caractéristiques météorologiques de la région, taux d'accroissement de la population et surtout le bilan besoins-Ressources. Ces informations constituent l'avant projet sommaire(APS). Cette étude définit plusieurs variantes, après quoi la solution optimale est adoptée.

La deuxième partie de l'étude est l'avant projet détaillé(APD)qui consiste à choisir les pompes, les protéger contre l'anti-bélier et la cavitation, décomposer le réseau en plusieurs étages, déterminer les diamètres des conduites, concevoir les nœuds et le moyen de la désinfection des conduites et de l'implantation des ouvrages...

Sur la base des études d'APD et selon la nature et l'importance des travaux, le nombre et la répartition de lots sont définis. Chaque lot fera l'objet d'un dossier de consultation des entreprises(DCE). Les pièces les plus importantes dans ce dossier sont le bordereau détaillé des prix et les notes de calcul. Ensuite un appel d'offre est lancé. Une commission de jugement est chargée de choisir l'offre la plus favorable, le moins disant n'est pas toujours choisi , c'est aussi en fonction de la qualité du travail. Après avoir choisi l'entrepreneur, un marché est signé par les deux membres.

Ce qui m'a frappé après avoir consulté l'un de ces marchés c'est le grand nombre de lois qui gèrent la relation entre l'entrepreneur et le maître d'œuvre, pas seulement des lois juridiques mais toutes les normes , conventions et règles d'arts qui doivent être respectées et qui sont toutes mentionnées et détaillées. Une autre étape à franchir est la procuration du terrain sur lequel le projet aura lieu ; ainsi des dossiers d'expropriation sont ouverts.

❖ Partie travaux :

Après le lancement des travaux, le rôle de l'O.N.E.P consiste à contrôler et superviser le travail. Après la fin de chaque tranche du travail, une réception des travaux est organisée où les remarques sur le travail ou les conditions qui ne sont pas remplies par l'entrepreneur sont ensuite discutées. Elle peut être faite par un ingénieur, un technicien, un chef de centre et parfois par la direction centrale si le projet est assez important.

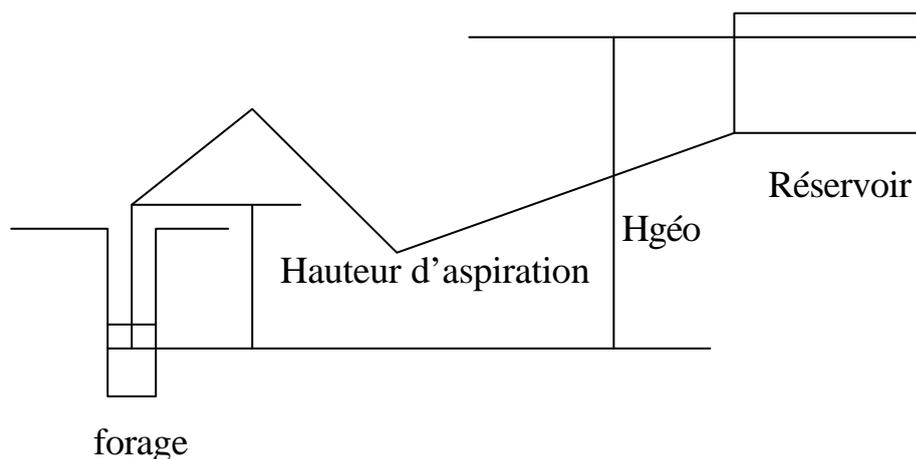
Pour avoir une idée plus claire sur la durée que prennent les études et les travaux, voici un tableau qui donne les délais pour l'alimentation d'un centre ou d'une ville moyenne :
(page suivante)

Etape du travail	Consistance	Délai
APS	<ul style="list-style-type: none"> - rappel des besoins en eau - identification des variantes - comparaison des variantes - choix de la variante et avis des différentes divisions - établissement de l'APS définitif 	 2 mois 15 jours
Travaux topographiques		2 mois
APD	<ul style="list-style-type: none"> - étude géotechnique - établissement de l'APD préliminaire - examen de l'APD par les divisions - établissement de l'APD définitif - demande des accords techniques(routes, ONCF, OCP, ONE...) 	 3 mois 1 mois 1 mois
DCE	<ul style="list-style-type: none"> - établissement des DCE préliminaires - examen des DCE par les divisions - établissement des DCE définitifs 	 1 mois 1 mois 1 mois
Travaux sur le chantier		24 mois
TOTAL GENERAL		36.5 mois

2- Notions générales :

J'ai voulu écrire ce paragraphe afin d'y introduire toutes les notions scientifiques que j'ai apprises lors du stage et pour définir quelques-unes de ses notions.

Tout au début je vais donner un schéma simplifié d'une installation, ce qui permettra d'éclaircir toute ambiguïté par la suite.



2.1-Emplacement des appareils d'entrée-sortie d'air sur une conduite :

a) Les ventouses :

Elles sont utilisées pour purger l'air qui est dans la conduite et sont placées, obligatoirement, aux endroits suivants :

- A chaque point haut de la conduite afin de purger la conduite et de minimiser les pertes de charge.
- Régulièrement le long de la conduite, tous les 500m minimum pour éviter les coups de bélier dus au déplacement incontrôlé des poches d'air sous pression.
- À chaque changement brusque de pente, où la pression est plus grande d'un côté que de l'autre, ce qui peut immobiliser une poche d'air.

Voir schéma en annexe 1-1.

b) **Les vannes-airs ou ventouses automatiques :**

Placées le long de la conduite, au minimum tous les kilomètres, pour éviter l'emprisonnement des poches d'air au cours du remplissage et après ou avant chaque appareil de sectionnement suivant la pente de la conduite pour éviter la mise en dépression de la conduite après fermeture de l'appareil de sectionnement.

Voir un type de ses ventouses en annexe 1-2.

c) **Vannes de régulation multifonction :**

Ces vannes permettent de réaliser plusieurs réglages à la fois à l'aide de leurs pilotes. Pour plus de détails voir annexe 1-3.

d) **Robinet altimétrique :**

Voir annexe 1-4.

2.2-Définitions :

- a) Hgéo : la hauteur géométrique entre le point de référence de la pompe et le trop-plein du réservoir. Le point de référence de la pompe est l'axe de la roue pour une pompe à axe horizontal et la bride d'aspiration pour une pompe à axe vertical.
- b) HMT : hauteur manométrique. Elle est égale à la somme de Hgéo et la perte de charge totale.

2.3-Les pertes de charge :

Les pertes de charges sont les pertes de pression dans la conduites à cause des frottements avec la paroi de la conduite. Il y a deux types de pertes :

- **Les pertes linéaires** : ce sont les pertes dans les canalisations. Elles sont dues aux frottements du liquide avec la paroi de la conduite. Elles se calculent par la formule suivante :

$$J = \epsilon L v^2 / (2 * D * g) \text{ (m)}$$

Avec ϵ : coefficient de perte de charge.

D : diamètre de la conduite(m).

v : vitesse moyenne de l'écoulement(m/s).

g : 9.81m/s²

Le débit se calcule par la formule: $Q = vD^2/4$.

Les pertes linéaires peuvent s'écrire donc :

$$J = RQ$$

Avec $R = 8\epsilon L / \delta^2 g D^5$ équation de DARCY.

R est appelé la résistance de la conduite.

Expression de ϵ :

La valeur de ϵ est donnée par la formule de Colebrook-White :

$$1/\epsilon = -0.86 \ln(\hat{\epsilon}/3.7D + 2.51/Re \epsilon)$$

Pour le calculer, un programme informatique est utilisé.

$\hat{\epsilon}/D$: rugosité relative.

Re : est le coefficient de Reynolds. $Re = v \cdot D / \nu$ avec ν : la viscosité cinématique.

- Les pertes singulières : ce sont les pertes qui sont dues aux différents organes montés tout au long de la conduite, comme les vannes, les robinets altimétriques...

La formule suivante donne leur expression :

$$\Delta h = K v^2 / 2g$$

K est le coefficient de pertes singulières locales.

v : est la vitesse d'écoulement en amont de l'appareil.

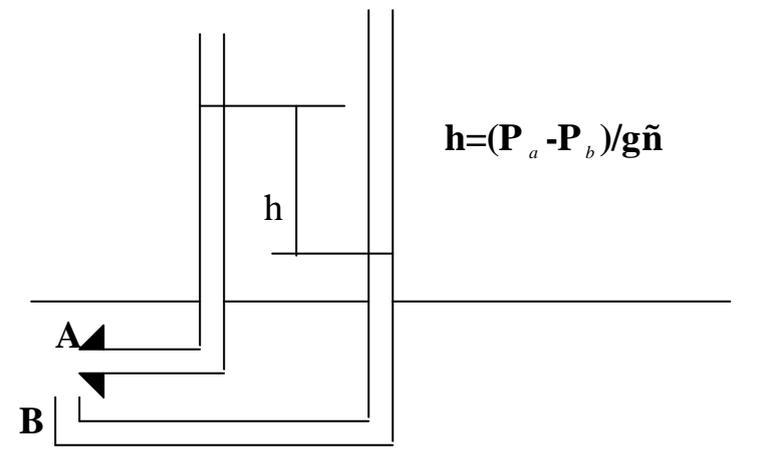
Ainsi les pertes totales sont égales à :

$$H_f = \epsilon L v^2 / 2D + \sum K v^2 / 2D$$

Reste à savoir comment avoir la vitesse de l'écoulement?

Pour ceci plusieurs méthodes sont utilisées, parmi elles celle du tube de Pitot.

Le principe de ce tube repose sur la notion de pression d'arrêt exercée par un fluide en mouvement sur un obstacle. En effet :



On suppose que $Z_A = Z_B = 0$.

A est orientée dans le sens de l'écoulement, tandis que B lui est perpendiculaire.

En A, les particules sont très fortement freinées par l'obstacle, on considère qu'elles sont arrêtées. A est un point d'arrêt $V_a = 0$.

On obtient à partir de l'équation de Bernoulli qui est :

$$P / \rho + v^2 / 2g + Z = cst$$

Cette approximation permet d'écrire :

$$(P_a - P_b) / (\rho \cdot g) = v_b^2 / 2g = h$$

$$\text{donc : } v_b = \sqrt{2gh}$$

Si le fluide manométrique n'est pas celui de l'écoulement, il faut multiplier h par le rapport des masses volumiques.

Le tube de Pitot ne permet pas de mesurer des vitesses inférieures à 0.2m/s.

3-Les pompes :

Les pompes sont des machines destinées à communiquer de l'énergie aux fluides pompés en vue de provoquer leur déplacement dans des circuits comportant généralement une élévation de niveau (hauteur géométrique), une augmentation de pression (hauteur de charge) et des pertes de charge dues au mouvement.

Une pompe centrifuge fonctionne avec une force centrifuge. Elle est économique, petite, produit un débit constant et régulier et pompe des eaux chargées ou des bous différentes. elle est composée de deux pièces principales :

1. Un corps.
2. Une roue ou turbine : qui confère l'énergie mécanique à l'eau sous forme de vitesse et pression . Il y a trois types de roues :consulter annexe 2-1.

Les pompes centrifuges sont classifiées suivant le nombre de roues ou selon l'axe de la pompe, en effet :

1.Selon le nombre de roues :

- Pompes monocellulaires : ayant une seule roue.
- Pompes multicellulaires : Ayant plusieurs roues montées en série sur l'arbre de la pompe. L'eau de la première turbine est amenée par un système de diffuseurs-redresseurs dans l'aspiration suivante.

2.Selon l'axe (voir annexes 2-2,2-3,2-4):

- Pompes à axe horizontal : utilisées pour des hauteurs d'aspiration $H_a < 8\text{m}$ et installées à sec (sur la surface). Le moteur et la pompe sont alignés et accouplés sur un châssis d'assise métallique . Elles sont caractérisées par : un encombrement réduit ,un rendement élevé, un entretien facile et un coût d'achat intéressant .
- Pompes à axe vertical : Elles sont généralement multicellulaires et sont placées au fond des puits. L'entraînement de la pompe se fait par un moteur depuis le sol par l'intermédiaire d'une ligne d'arbre placée à l'intérieur de la colonne de refoulement. Le guidage des arbres se fait par des paliers placés à des intervalles réguliers de 3m environ. Elles sont utilisées pour des puits ayant une faible tranche d'eau (<30m) et de profondeur moyenne (<30m) ou pour des installations sans source d'énergie électrique où l'on utilise des moteurs thermiques. Ces pompes sont robustes et l'entretien du moteur est facile.
- Pompes immergées : le groupe (pompe +moteur) est immergé dans le puits ou le forage ce qui implique que le moteur électrique doit être étanche(cadre du moteur imperméable plus joints étanches). Cette immersion permet l'amorçage automatique du groupe par l'utilisation de relets de niveau. Elles sont généralement multicellulaires et nécessitent des dispositions électriques importantes. Elles permettent de grandes hauteurs de refoulement , un amorçage facile avec de longues périodes entre les révisions, ce qui fait des pompes immergées les pompes les plus utilisées à l'ONEP . Voir annexe 2-5.

N.B :

L'accouplement doit être choisi de façon à ce que les conditions d'utilisation telles que : température ,variation du couple de torsion , nombre de démarrage ,puissance de transmission , rigidité de la pompe... soient prises en considération. Le non-alignement radial et angulaire admissible en fonctionnement ne doit pas dépasser les limites données par le constructeur .

3.1-Les problèmes des pompes :

Dans ce paragraphe ,je vais parler des problèmes les plus courants que peut rencontrer une pompe .

a. Poussée axiale :

La pression de refoulement applique une force sur chaque flasque avant et arrière d'une roue sous forme d'une poussée axiale dirigée vers l'aspiration . La surface soumise à la pression n'est pas la même de chaque côté de la roue puisque d'un côté il y a l'arbre d'entraînement et de l'autre l'ouïe d'aspiration. Puisque le diamètre de l'ouïe est supérieur au diamètre de l'arbre alors la pression sur l'ouïe est inférieure à la pression exercée sur l'arbre, ce qui provoque un déséquilibre qui pousse la roue du côté d'aspiration. Du fait que la roue est solidaire à l'arbre , la force résultante s'applique aux paliers de la pompe. Pour l'équilibrer, différents moyens sont utilisés ,on en cite :

- Contres-aillettes dorsales : C'est un équilibrage individuel de chaque roue. Ces ailettes agissent comme une pompe et diminuent la pression derrière la flasque arrière de la roue .
- Roues symétriques à double entrée : où la roue est conçue de telle sorte qu'elle soit symétrique par rapport à un plan perpendiculaire à l'arbre.
- Utilisation de deux roues opposées en série .Voir annexe 3-3.

b. poussée radiale :

Cette poussée est perpendiculaire à l'axe de la roue et résulte d'une mauvaise répartition de la pression autour de la roue, du poids de l'axe et des turbines . Elle entraîne un fléchissement de l'arbre .

c. la cavitation :

Ce problème est particulièrement important car il cause des dégâts irréremédiables aux pompes.

Dans tout écoulement du liquide, l'équation de Bernoulli exprime que l'énergie totale du fluide transporté est constante.

$$P/\rho g + v^2/2g + z = \text{cst}$$

En particulier, toute augmentation de l'énergie cinétique se traduit par une baisse de l'énergie de pression. Dès que la pression locale est réduite à la pression de vapeur saturante correspondant à la température ambiante ,on observe la formation ,à l'intérieur de la pompe , de cavités(bulles ou poches) remplies de vapeur d'eau. Ces bulles sont entraînées par l'écoulement et dès qu'elles atteignent une zone où la pression est élevée , elles implosent. La formation et l'implosion des bulles se font dans un temps très court (quelques millièmes de secondes). Ces implosions ,conséquence de la cavitation, sont reconnaissables par un début de crépitement qui peut aboutir à un bruit de cailloux brassés et une perte d'efficacité.

Les causes de la cavitation sont multiples, on en cite :

- Augmentation de la hauteur géométrique.
- Diminution de la pression atmosphérique par augmentation de l'altitude.
- Augmentation de la température de l'eau pompée.
- Augmentation du débit de l'eau pompée .

Ce problème a plusieurs conséquences, par exemple :

- Erosion des aubes à cause de choc.
- Vibration du corps de la pompe et bruits.
- Diminution du débit ou rupture de l'écoulement.

Pour éviter ce problème, il faut que la hauteur piézométrique au point de référence se trouve au-dessus de la pression de vapeur du liquide véhiculé (obtenue expérimentalement en fonction de la température du liquide). Pour ceci deux notions sont introduites : le NPSH requis et le NPSH disponible [Net Positive Suction Head].

Le NPSH requis est une valeur donnée par le constructeur qui est en fonction du débit.

Le NPSH disponible ou charge nette à l'aspiration, est une valeur calculable par la formule suivante :

$$\text{NPSH}_{\text{disp}} = \frac{P^{\circ}}{\rho} - (0.0012 \cdot \text{altitude}) - J_a - P_s - H$$

Avec P°/ρ : pression absolue à la surface d'aspiration.

J_a : somme des pertes de charge linéaires et singulières.

P_s : pression de vapeur d'eau saturante.

H : hauteur géométrique entre la surface libre de l'eau à l'aspiration et l'axe de la pompe.

La capacité maximale d'aspiration est égale à : $\frac{P^{\circ}}{\rho} - \text{NPSH}_{\text{requis}}$. Cette valeur signifie que la pompe telle qu'elle a été dimensionnée ne pourra pas aspirer plus de cette valeur.

Pour éviter la cavitation il faut que $\text{NPSH}_{\text{disp}} > \text{NPSH}_{\text{requis}}$ et l'on laisse généralement une marge de 0.5m entre les deux.

d. La corrosion :

La corrosion des pompes est de plus en plus importante que l'eau est agressive. Pour limiter ses dégâts soit on utilise des matériaux qui résistent à la corrosion (voir paragraphe : Matériaux utilisés), soit des revêtements qui protègent contre elle.

3.2-L'étanchéité :

L'étanchéité est assurée par plusieurs moyens, mais les plus utilisés sont :

❖ Le presse-étoupe à tresses :

C'est un joint convenable pour des vitesses linéaires inférieures à 20m/s. Les tresses sont comprimées dans une cavité prévue à cet effet. Un joint de ce type laisse toujours échapper une goutte. Ce suintement permet de refroidir les presses chauffées sur l'arbre. Une douille changeable sur l'arbre est prévue pour encaisser l'usure.

❖ Les labyrinthes :

Ce moyen est caractérisé par l'absence de frottements, ce qui fait que la vitesse de rotation n'est pas limitée. Mais les fuites augmentent avec la pression.

3.3-matériaux utilisés :

Le choix du matériau utilisé est fonction de la qualité de l'eau à véhiculer. En effet :

- ❖ La fonte est le matériau le plus utilisé, facile à mouler mais elle a des caractéristiques mécaniques limitées.
- ❖ L'acier est utilisé pour le corps des pompes fonctionnant sous des pressions importantes. L'acier inoxydable est employé dans le cas des eaux très agressives ou en pompage d'eau brute pour ses qualités de résistance à l'abrasion.

- ❖ Les alliages de cuivre sont utilisés comme matériaux de prédilection pour la réalisation des roues à cause de leurs qualités de moulage.
- ❖ Les alliages cupro-aluminium qui ont de très bonnes caractéristiques de tenue à la cavitation et une excellente résistance à l'abrasion.
- ❖ Les matériaux synthétiques qui sont de plus en plus utilisés grâce à leur prix peu élevé et leur bonne tenue à la corrosion.

Le tableau ci-après présente quelques exemples des matériaux utilisés selon la nature du liquide.

Qualité de l'eau	Matériaux		Observations
	corps	turbine	
<ul style="list-style-type: none"> - $5^{\circ}\text{C} < T^{\circ} < 70^{\circ}\text{C}$ - Acidité neutre. - Matières dissoutes négligeables. - Matières en suspension négligeables. 	Fonte	Fonte	Cette eau n'a pas de problèmes particuliers. Le recours à la fonte constitue le matériau le moins cher.
Eaux chargées	Fonte	Bronze	
Eaux chimiquement chargées	Inox	Inox	
	Noryl	Noryl	Petites pompes
élevée	Fonte	Inox Fonte	

4-Les matériaux des conduites :

❖ L'amiante-ciment :

L'amiante brut est sous forme de fibres agglomérées en bûchettes qui sont écrasées par des meules de granit puis mélangées avec l'eau dans un bac. On ajoute ensuite le ciment à environ 80% et à 20% d'amiante. L'eau est en excès à ce stade afin de faciliter l'acheminement du mélange mais cet excès sera éliminé dans les phases suivantes

Les caractéristiques des tuyaux en amiante-ciment sont :

- Résistance à l'éclatement est : 220 daN/cm²
- Résistance à la flexion : 245 daN/cm²
- Résistance à l'écrasement : 440 daN/cm²

N.B :

Pour des conditions de service normales, on utilise l'amiante-ciment qui présente des coûts intéressants pour les diamètres <500mm, au delà, le béton précontraint devient plus économique. Mais elle est concurrencée par le PVC pour les diamètres <200mm..

❖ Le béton précontraint :

Si les tuyaux en béton armé ne peuvent être utilisés pour les conduites sous pression (manque d'étanchéité et poids excessif), les tuyaux en béton précontraint ont connu un développement important pour les diamètres >500mm.

N.B :

Les tuyaux précontraints présentent la particularité de supporter une pression supérieure à celle prévue ; bien que la fissure laisse passer l'eau, une fois le phénomène passé, la fissure se ferme totalement sous l'action de la précontrainte.

❖ **Le béton armé à âme tôle d'acier :**

L'âme tôle est fabriquée à partir de tôles d'aciers soudées longitudinalement ou hélicoïdalement, puis revêtues de béton armé à l'extérieur et à l'intérieur. Chaque tuyau se termine par des plats d'abouts permettant l'assemblage des tuyaux entre eux par des joints soudés ou joints à garnitures en élastomère.

❖ **La fonte :**

Au début, les conduites ont été fabriquées par la fonte grise lamellaire, qui est un matériau peu souple et cassant. Elles sont vulnérables aux mouvements de terrain, aux contraintes extérieures et aux différences de température de l'eau transportée. Mais depuis 1948, on utilise la fonte ductile où le graphite se présente sous forme sphéroïdale (ce qui accroît la résistance à la traction et aux chocs en plus de son élasticité).

❖ **L'acier :**

L'acier est un mélange de fer et de Carbone, ce dernier composant étant présent dans une proportion de 0.3% seulement. Les tuyaux en acier présentent de nombreux avantages pour le transport de l'eau sous pression et surtout avec de grandes pressions (supérieurs à 50 bars). Ils sont souples et particulièrement préconisés pour des terrains mouvementés, instables ou à fortes déclivités.

Ces tuyaux sont fabriqués depuis les plus petits diamètres, jusqu'à des diamètres pouvant atteindre 3 à 4 mètres.

❖ **Le PVC :**

Le chlorure de polyvinyle est obtenu par l'action de l'acide chlorhydrique sur l'acétylène. Il a été découvert en 1838 par le chimiste français REGNAULT mais c'est l'Allemand KLATTE qui découvre le premier procédé de fabrication industrielle du PVC.

Quand il ne contient pas de plastifiant, le PVC permet de fabriquer des objets rigides tels que les tubes et raccords d'eau potable et d'assainissement : on l'appelle le PVC-U (PolyVinyl Chloride Unplastified). Dans le cas contraire, il permet la fabrication d'objets souples tels que les tissus enduits, gainage de fils électriques...

La préparation de la résine pour avoir le produit s'appelle *compoundage*. Elle consiste à incorporer à la résine certains additifs dans le double but de faciliter la mise en forme ultérieure de la matière et d'améliorer certaines de ses caractéristiques ou sa stabilité. Parmi les additifs les plus courants, on cite :

- Les stabilisants à la chaleur qui protègent le PVC lors d'une surchauffe pendant sa transformation.
- Les lubrifiants qui facilitent la mise en oeuvre et rendent la surface lisse et brillante.
- Les stabilisants qui protègent le polymère contre l'action des rayons U.V.
- Les antioxydants qui protègent le polymère contre l'action de l'oxygène.
- Les colorants qui permettent de modifier l'aspect du produit.

Généralement, on obtient les tubes en PVC par extrusion.

Caractéristiques mécaniques du PVC :

- Masse volumique à 23° : 1400 kg/m³
- Résistance à la traction : 40 à 60 Mpa
- Allongement à la rupture : 80 à 200%
- Module d'élasticité à 20° : 3000 à 3500 Mpa
- Coefficient de dilatation linéaire : 70 à 80/10⁶ par °C

Caractéristiques chimiques du PVC :

Il est insensible à la plupart des fluides véhiculés, aux ambiances corrosives et à l'agressivité du terrain. Mais il est à noter qu'il est perméable aux essences et hydrocarbures. Dans le cas où une canalisation en PVC passerait dans un terrain pollué, il faut prendre les précautions nécessaires.

L'étanchéité est assurée soit par un joint collé, soit par un joint en caoutchouc.

Il supporte des pressions de l'ordre de 16bars pour des diamètres entre 63mm et 160mm, et de 10bars pour des diamètres >16mm.

❖ Polyéthylène :

Dont la synthèse a été réalisée par BARTHELOT en 1867.

On appelle « polyoléfine » les polymères dérivés de l'éthylène. Les polyéthylènes, car il en existe plusieurs, sont obtenus par la synthèse de l'éthylène gazeux et donnera différents types de polyéthylène suivant les modes de polymérisation.

Exemple :

- Le polyéthylène basse densité (PEbd) : Il est obtenu en comprimant l'éthylène gazeux à plus de 1000bars.
- Le polyéthylène haute densité (PEhd) : Il est obtenu en utilisant des catalyseurs qui ne nécessiteront que des pressions faibles <50bars. il est de dureté supérieure.

On incorpore à la résine certains additifs afin d'améliorer ces caractéristiques, sa stabilité et de faciliter sa mise en forme. Les additifs autorisés pour le polyéthylène sont peu nombreux :

- Le noir de carbone qui assure la protection des tubes et raccords contre les effets des U.V.
- Les lubrifiants qui facilitent la mise en oeuvre et rendent la surface lisse et brillante.
- Les antioxydants qui protègent le polymère contre l'action de l'oxygène.
- Les colorants qui permettent de modifier l'aspect du produit.

Il est à noter que les pièces spéciales et les raccords sont obtenus par injection.

Caractéristiques mécaniques du polyéthylène :

Caractéristique	unité	PEbd	PEhd
Masse volumique à 23°	Kg/m ³	910 à 935	>955
Contrainte au seuil d'écoulement	Mpa	10 à 13	28 à 30
Allongement à la rupture	%	400 à 600	700 à 1000
Température de fusion	°C	110 à 120	130

Comportement à basses températures :

- garde sa flexibilité jusqu'à -40°C.

- Si le froid est modéré, le polyéthylène retarde le gel de l'eau qu'il contient.
- Si l'eau gèle, la flexibilité du polyéthylène permet son expansion due à la formation de glace sans destruction du tube.

Comportement à hautes températures :

- Utilisation normale jusqu'à 20°C.
- Pour des températures >20°C, les pressions admissibles sont plus réduites.

Caractéristiques chimiques :

Le polyéthylène est caractérisé par une très bonne stabilité chimique lorsque la température est inférieure à 60°C.

N.B :

Une autre particularité que présente le polyéthylène par rapport aux autres matériaux, est au niveau de l'assemblage. En effet, à côté des méthodes mécaniques (système d'étanchéité, joints...)utilisées pour les autres matériaux, des assemblages par soudage sont utilisés. En combinant une élévation de température et de pression, à condition que la température n'atteigne pas un seuil qui décomposerait le matériau. Les surfaces à assembler sont portées à une température d'environ 130°C(pour donner une mobilité suffisante aux chaînes moléculaires et leur permettre de se combiner), puis elles sont rapprochées l'une de l'autre jusqu'à ce qu'elles se soudent.

5-Le coup de bélier :

a) Définition :

Le coup de bélier est un problème important qui se pose pour les conduites, il se manifeste sous forme de pression ou de surpression dans la conduite causant ainsi plusieurs dégâts.

Les annexes 4-1 et 4-2 montrent l'évolution de ce phénomène dans une conduite.

b) Les causes du coup de bélier :

Il a pour origine plusieurs causes, les deux principales sont :

- ❖ L'arrêt ou le démarrage brusque d'un groupe.
- ❖ La fermeture ou l'ouverture d'un organe de sectionnement.

c) Les conséquences du coup de bélier.

Le premier organe qui subit les conséquences de ce phénomène sont les joints qui sont aspirés dans la conduite lors d'une dépression ce qui provoque par la suite une fuite d'eau au niveau des joints. Les conduites ne sont pas à l'abri de ses conséquences. En effet, elles sont souvent soumises à des écrasements et des explosions internes.

La célérité de l'onde de propagation du coup de bélier est fonction de la nature et de l'épaisseur du tuyau. dans le cas où le liquide transporté serait l'eau, cette célérité se calcule par la formule suivante :

$$A=9900/(48.3+kd/e)^{1/2}$$

Avec d : diamètre intérieur de la conduite.

e : épaisseur de la conduite.

K : coefficient dépendant de la nature de la conduite.

Le tableau suivant donne quelques exemples :

Matériau	K	Valeur moyenne de la célérité
Fonte grise	1	1200
Fonte ductile	0.6	1200
Acier	0.5	1100
PVC	33	400
Amiante-ciment	4	1000
Pehd	83	300
Pebd	500	150
Béton	5	1100

La valeur de la surpression ou de la dépression maximale lors d'un coup de bélier est :

$$H = \pm a v^{\circ} / g \text{ (m)}$$

Avec v° : vitesse initiale de l'écoulement en m/s.

L'une des principales causes du coup de bélier est la fermeture d'un organe de sectionnement. Même si la fermeture n'est pas brusque, voici deux formules qui donnent l'expression de H suivant le type de la fermeture d'une vanne par exemple.

- fermeture partielle et instantanée :

$$H = a(v^{\circ} - v) / g$$

Avec v : vitesse finale de l'écoulement.

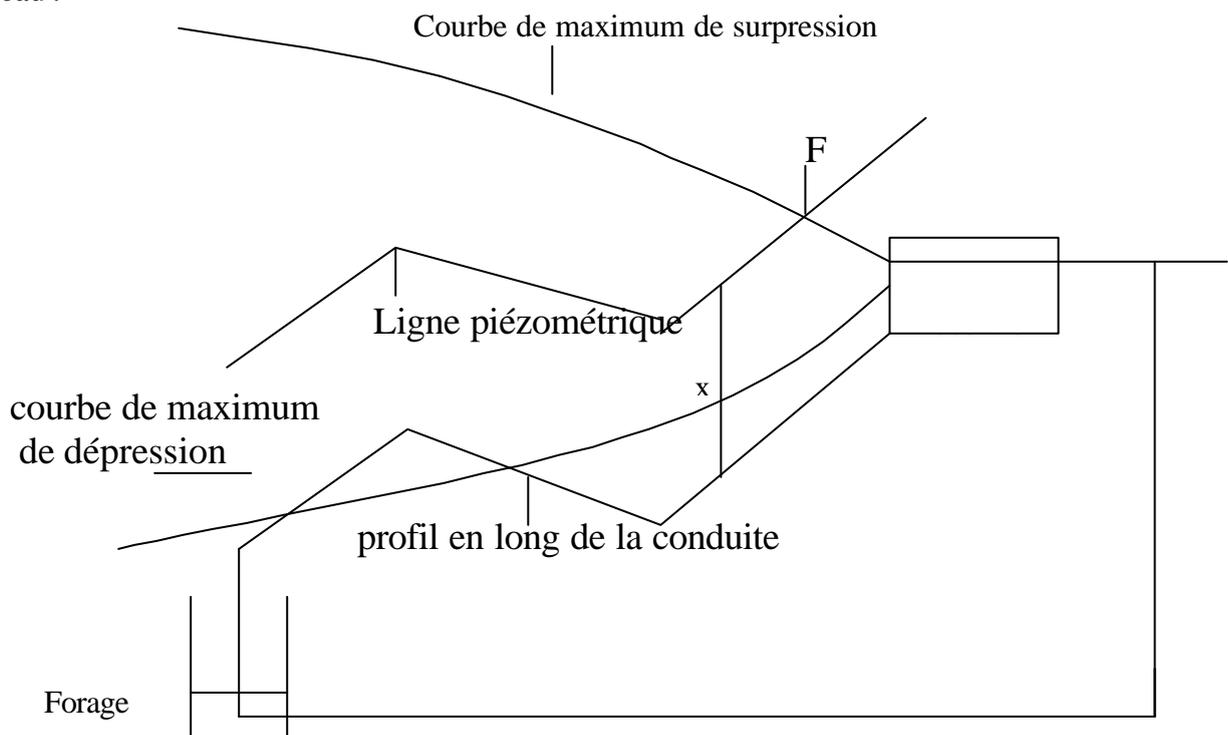
- Fermeture progressive : qui est considérée comme une succession de fermetures partielles instantanées.

$$H = a(v^{\circ} - v_t) / g$$

Avec v_t : vitesse au moment $t = 2L/a$.

et L : la longueur de la conduite.

Mais avant de songer à la protection d'une conduite contre le coup de bélier, il faut s'assurer tout d'abord que le problème se pose pour celle-ci. voici un schéma simplifié d'un réseau :



x représente la pression nominale dans la conduite. Par exemple, pour une conduite de PN16 $x=160m$.

D'après le schéma précédent, on distingue deux cas :

- ❖ Si la ligne piézométrique se trouve entre les deux courbes de surpression et de dépression (avant le point F), alors aucune crainte du coup de bélier ne se pose.
- ❖ Si la ligne piézométrique se trouve au-dessus de la courbe de surpression ou si la ligne se trouve en dessous de la ligne de dépression alors il faut prévoir une solution soit contre les surpressions soit contre les dépressions dans la conduite.

Mais comment protéger la conduite contre le coup de bélier ?

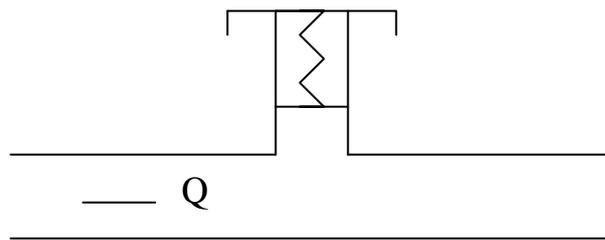
Plusieurs solutions sont possibles, suivant l'immensité du projet, la valeur de la dépression ou de la surpression.

d) **Protection contre le coup de bélier :**

Les solutions les plus utilisées sont :

❖ **La soupape de décharge :**

Elle n'est utilisée que pour les cas où l'on veut éviter les surpressions. Elle présente aussi l'inconvénient de perte d'eau. Le principe de son fonctionnement est très simple : quand il y a surpression la pression de l'eau arrive à vaincre le ressort de la soupape et arrive à s'échapper.

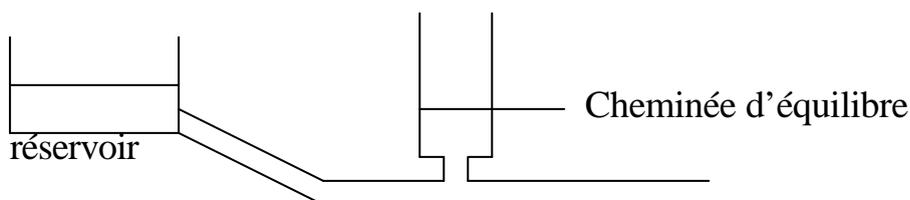


❖ **Le volant d'inertie :**

C'est un volant qui est monté sur l'arbre des groupes ayant de petites pompes (inertie faible), afin d'éviter l'arrêt brusque du groupe. Il sert à faire tourner la pompe un peu de temps après l'arrêt du moteur, ce qui assure un arrêt progressif.

❖ **La cheminée d'équilibre :**

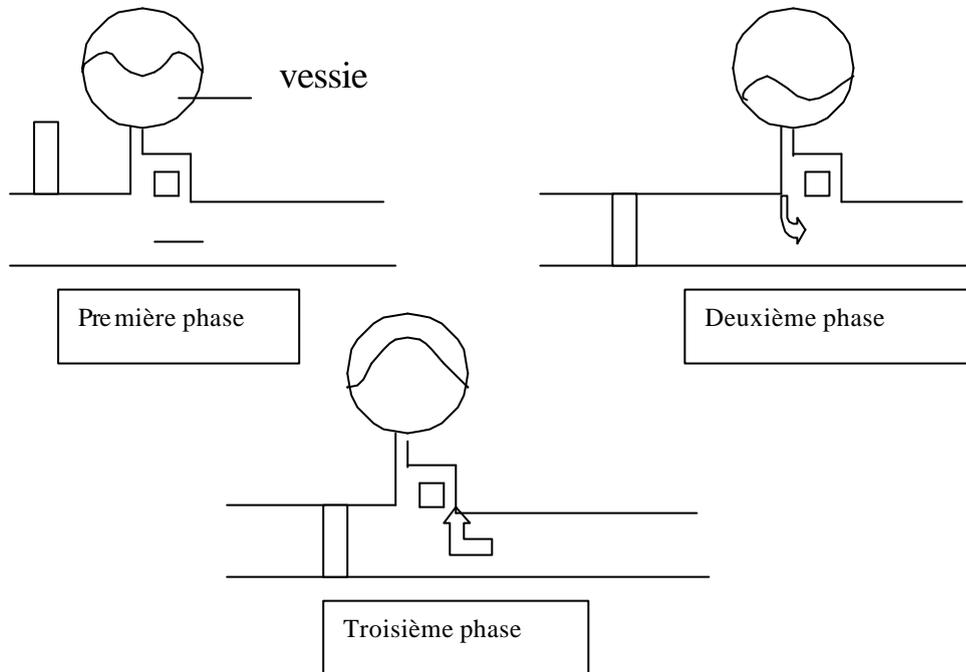
Cette solution est utilisée pour les adductions de grande importance. C'est un ouvrage sous forme de cylindre de hauteur calculée suivant la surpression. L'eau monte dans la cheminée quand il y a surpression et descend de la cheminée dans l'adduction quand il y a dépression.



❖ Réservoir anti-bélier :

Le réservoir anti-bélier est placé en dérivation sur la conduite. Il existe deux sortes de réservoir : ceux ne contenant que de l'eau et un gaz (soit l'air, soit l'azote), et ceux munie d'une vessie contenant l'eau afin d'éviter la corrosion du réservoir au cas où le gaz utilisé serait l'air.

Le principe de fonctionnement est le suivant :



- Première phase :

La vanne est ouverte et l'eau s'écoule dans la conduite normalement. Les pressions dans la conduite et dans le réservoir sont égales. Le volume de la vessie est constant.

- Deuxième phase :

La vanne de sectionnement est fermée. La pression dans la conduite chute, donc afin d'équilibrer les deux pressions, l'eau qui est dans la vessie s'échappe et s'écoule dans la conduite pour compenser la dépression.

- Troisième phase :

L'eau oscille dans la conduite puisqu'elle n'a plus la pression nécessaire pour vaincre les pertes de charge, donc retourne par le shunt dans le réservoir jusqu'à ce que les pressions soient égales.

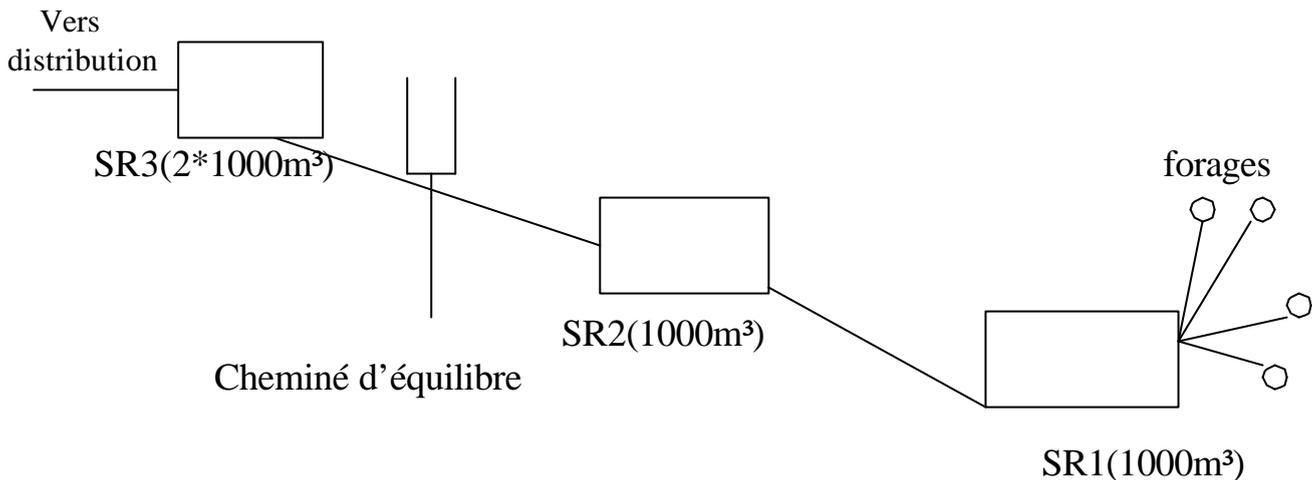
La page suivante présente un tableau qui donne une comparaison entre les différentes solutions.

L'annexe 4-3 présente une comparaison entre ces différentes solutions.

6-Rapport sur la mission:

Le vendredi 05 juillet 2002, en compagnie de notre encadrant(un autre stagiaire et moi), nous sommes partis à Saï s pour avoir une idée sur un projet en phase final.

Le projet consiste à alimenter en eau la ville de Meknès à partir de quatre forages à Ras-el-Ma, à cause du manque d'eau noté l'été précédent. Le schéma suivant simplifie les installations de ce projet :



Le problème de cet immense projet, qui a coûté environ 8 milliards de centimes, est que plusieurs débordements avaient lieu sans aucune cause apparente, soit au niveau de la cheminé d'équilibre soit au niveau du réservoir de la station de reprise 2(SR2).

Au début, ils ont cru que c'était dû au grand débit que fournissaient ces forages, alors ils n'ont mis en marche que deux forages puis un, mais le problème persistait encore, donc cette thèse est rejetée. La deuxième thèse disait que la hauteur de la cheminé d'équilibre n'était pas suffisante, mais les calculs sont irréprochables, ce qui n'expliquait toujours pas le débordement du réservoir. Après plusieurs discussions qui rassemblaient des ingénieurs de la Direction centrale, de l'ONEP de Fès et de Meknès et des entrepreneurs chargés d'un lot de conduites (SOGEA), le problème n'était pas encore résolu ni la cause connue. Une proposition déclarait la nécessité de monter une vanne altimétrique au niveau de la SR2 afin d'avoir le contrôle de la situation. Il s'est avéré plus tard que l'un des robinets flotteurs monté dans une cuve du réservoir de la SR3, était grippé. Ce qui fait que la SR2 refoulait un débit plus qu'il le faut, ainsi l'eau refoulée ne trouve que la cheminé comme issue ou le réservoir.

Conclusion :

Ayant fini ce stage à l'ONEP, il est temps de le valoriser comme il le doit.

Je dois avouer que l'ONEP ne manque pas de moyens importants qui auraient pu m'être très instructifs s'il y avait assez de missions sur le terrain.

Mais cela ne nie pas le fait qu'il y avait assez de choses importantes que j'ai apprises. Il m'a donné une idée très nette sur le travail dans la direction en plus des relations professionnelles et humaines entre les cadres et les agents.