

PH 00 1/98

République Algérienne démocratique et populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur

Ecole Nationale Polytechnique  
Département HYDRAULIQUE



Projet de fin d'études

**AMÉNAGEMENT  
D'UN DÉPÔT D'HYDROCARBURES**

3 PLANCHES

Proposé par :  
Mr. K. Benfriha

Étudié par :  
Mr. Y. Djoudi

Dirigé par :  
Mr. K. Benfriha  
Mr. O. Belhadj

PROMOTION 1997/1998

“ L'HOMME N'EST RIEN D'AUTRE QUE SON PROJET,  
IL N'EXISTE QUE DANS LA MESURE OÙ IL SE  
RÉALISE, IL N'EST DONC RIEN D'AUTRE QUE  
L'ENSEMBLE DE SES ACTES, RIEN D'AUTRE QUE  
SA VIE”

## REMERCIEMENTS

Avant tout, je tiens à remercier l'ensemble des enseignants de mon cursus universitaire, et particulièrement les enseignants du département HYDRAULIQUE.

Aussi, je remercie Mr K. Benfriha et toute son équipe tout spécialement : Larbi, Malek, Djamel, Hocine et Karim pour les efforts qu'ils ont consenti à la réalisation de mon projet ; ainsi que Mr Belhadj.

## DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

À ma défunte Grand-mère **MAAZOUZOU** ;

À mon Grand-père **ZIZI** ;

À ma mère et mon père ;

À mes frères et sœur : **A**ssia et sa fille **Sarah**, **A**thmane et  
Mohamed **A**mine ;

À belle-maman **Marianne** ;

À ma femme **Yasmina** .

Je tiens à préciser que sans leur soutien, le déroulement de ce travail n'aurait pu être possible.

Àinsi qu'à toute ma famille, et bien sûr mes amis(es).

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

À LA MÉMOIRE DE : EL-MEZOUAR MISSOUM  
ARRACHÉ À LA FLEUR DE L'ÂGE  
LE 11/01/1995

# PLAN

PRÉAMBULE

CHAPITRE 1 : ENTREPRISE NAFTAL	PAGE :4
CHAPITRE 2 : PROPRIÉTÉS DES PRODUITS	PAGE :12
CHAPITRE 3 : GÉNÉRALITÉS	PAGE :18
*RÉSERVOIRS	PAGE :19
* ÉCOULEMENT DANS LES CONDUITES	PAGE :27
* NPSH	PAGE :37
* POMPES	PAGE :46
* CAVITATION	PAGE :51
CHAPITRE 4 : RÈGLES D'AMÉNAGEMENT	PAGE :56
CHAPITRE 5 : AMÉNAGEMENT DU DÉPÔT	PAGE :65
CHAPITRE 6 : CALCUL DU VOLUME D'EAU INCENDIE	PAGE :79
CHAPITRE 7 : ÉTUDE TECHNICO-ÉCONOMIQUE	PAGE :85
CONCLUSION	
ANNEXES	
BIBLIOGRAPHIE	

## PREAMBULE

Le but de cette étude, consiste à aménager un dépôt d'hydrocarbures, afin de satisfaire les horizons de l'an 2000.

La capacité voulue par le service de distribution est de 118 000 m<sup>3</sup> (gas-oil ; supercarburant avec ou sans plomb; essence ordinaire ; white-spirit ; toluène ; xylène et naphht C).

L'implantation du dépôt doit se faire en tenant compte des règles d'aménagement et de sécurité, pour éviter tout danger.

Afin de gérer convenablement cette capacité, il est nécessaire d'effectuer un bon dimensionnement de la pomperie et cela en minimisant les pertes de charge pour une optimisation de ce dépôt.

# CHAPITRE 1

المدرسة الوطنية المتعددة التخصصات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

## L'ENTREPRISE NAFTAL



### Présentation de l'entreprise NAFTAL

La distribution et la commercialisation des hydrocarbures en Algérie a été confiée aux multinationales ESSO, SHELL, TOTAL... jusqu'à mai 1968, date à laquelle vint la nationalisation, et c'est ainsi que SONATRACH a pris la relève.

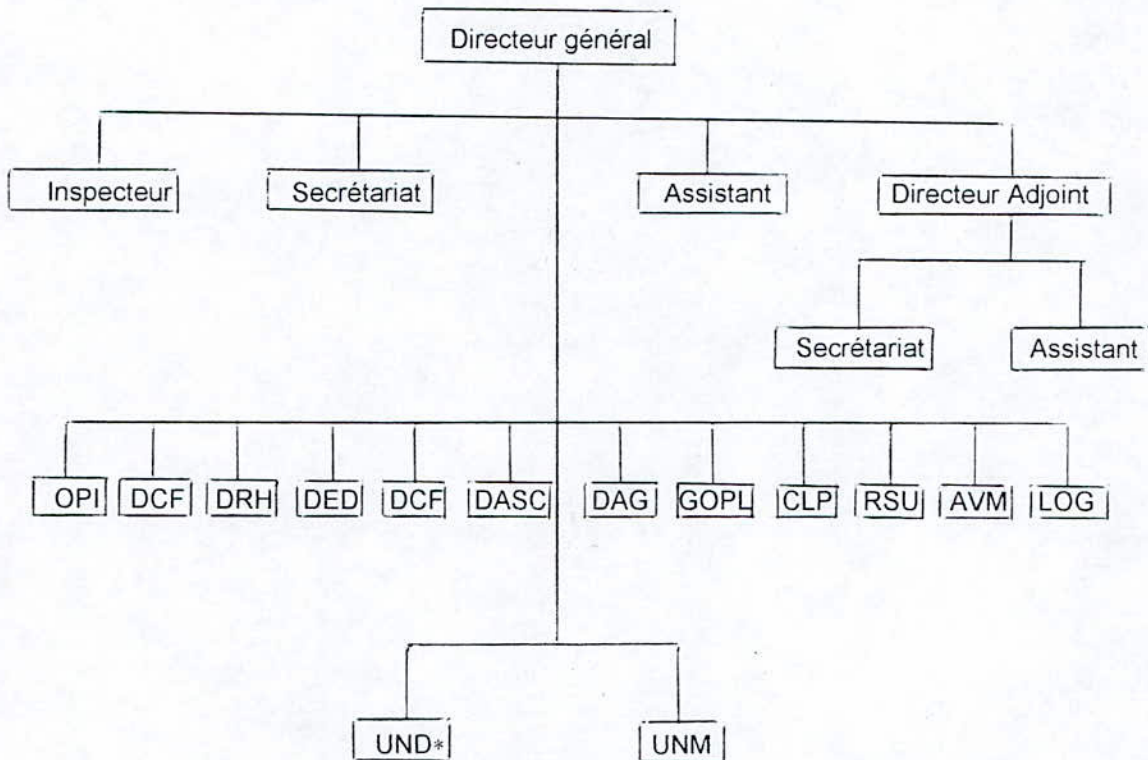
En avril 1980 fut créée l'E.R.D.P ( Entreprise de Raffinage et de Distribution des Produits Pétroliers ), qui en août 1987 a été subdivisée comme suit :

- NAFTEC chargée du raffinage.
- NAFTAL chargée de la distribution des produits pétroliers.

L'entreprise NAFTAL comporte trois types d'unités :

- UNM : Unité NAFTAL de Maintenance.
- UND : Unité NAFTAL de Distribution, qui s'occupe du stockage et de la distribution des produits pétroliers.

L'entreprise NAFTAL est organisée comme suit :



\*UND (unité Naftal de distribution) : il y en a pratiquement une dans chaque wilaya.

### Présentation de l'UND d'Alger

L'UND d'Alger est située à Hussein Dey (Caroubier), au 21 Avenue de l'A.L.N. Elle est l'UND la plus importante du pays, vue l'importance de ses centres de stockage et son rôle de dépôt transitoire pour la livraison des UND limitrophes.

Les moyens d'approvisionnement sont multiples à savoir :

- par pipe, la reliant à la raffinerie d'Alger (sise à Baraki) et au port d'Alger.
- par wagons citernes, pour certains produits spéciaux fabriqués dans les raffineries de Skikda et Arzew.

L'UND d'Alger est constituée de différents centres opérationnels qui sont les suivants et chacun d'eux est chargé d'une mission bien déterminée :

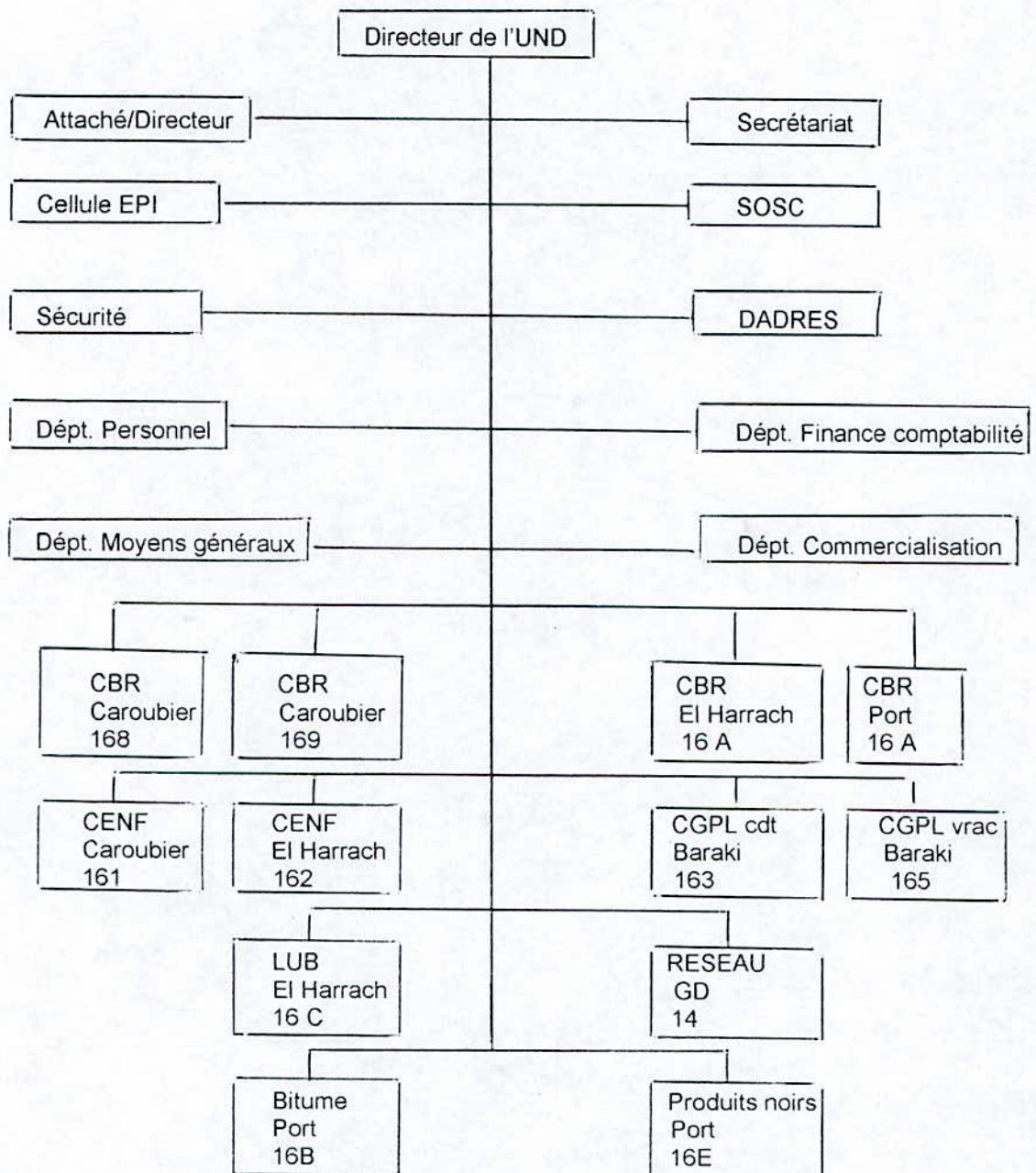
- centre carburant 168 qui se trouve à Caroubier.
- centre carburant 169 qui se trouve à Caroubier.
- centre carburant 16A qui se trouve à El-Harrach.
- centre carburant 16A qui se trouve au port.
- centre GPL vrac 161 qui se trouve à Caroubier.
- centre GPL conditionné 163 qui se trouve à Baraki.
- centre GPL vrac 165 qui se trouve à Baraki.
- centre Enfuteur 162 qui se trouve à El-Harrach.
- centre bitume 16B qui se trouve au port d'Alger.
- centre bitume 16E qui se trouve au port d'Alger.
- centre lubrifiant 16C qui se trouve à El-Harrach.

L'activité pour laquelle l'UND d'Alger est chargée d'assurer, à savoir le stockage en premier lieu et la distribution en second, s'est vue ses dernières années sérieusement contrariée et perturbée dans ses objectifs.

Les causes d'une telle perturbation sont dues essentiellement à la vétusté de ses installations (réservoirs de stockage). Il faut noter que ses dernières datent de 1930 pour les dépôts 168 et 169, et de 1954 pour le dépôt 16A.

L'arrêt total de certains bacs est justifié par la non conformité de l'équipement et le fait qu'ils ne répondent plus aux règles de sécurité strictes pour lesquelles les dépôts d'hydrocarbures sont sévèrement soumis.

L'organigramme mentionné ci-dessous, matérialise l'organisation de l'UND d'Alger :



L'état qui suit nous reflète une idée des capacités encore opérationnelles de l'UND d'Alger, et montre par la même occasion, les besoins pressants de moderniser pour assurer l'activité pour les années à venir.

Voici les capacités des Centres de Stockage et de Distribution (CSD) 168, 169, 16A (nov.1997) :

- Centre carburant 168 (installation «B» : ex « TOTAL ») :

Etat des bacs de stockage

N° bac	Capacité (m³)	Produit	Observations
01	1130 (900)	Gas-oil	Mauvais état
02	1165 (900)	Gas-oil	Mauvais état
03	1178 (900)	Gas-oil	Mauvais état
04	1130 (900)	Pétrole	Mauvais état
09	2412 (1600)	Super	Mauvais état
10	2412	Essence N	Réformé
11	2490	Pétrole	Réformé
12	2496 (1900)	Essence N	Mauvais état
13	2470 (1900)	Gas-oil	Mauvais état
14	2504 (1900)	Gas-oil	Mauvais état

Etat récapitulatif des capacités de stockage

Produit stocké	Nombre de bac	Capacité totale (m³)	Capacité (m³) opérationnelle	Taux d'immobilisation
Super	01	2412	1900	22%
Gas-oil	05	8273	6500	22%
Essence N	02	4902	1900	62%
Pétrole	02	3620	900	76%
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>19197</b>	<b>11200</b>	<b>42%</b>

- Centre carburant 169 .

Etat des bacs de stockage

N° bac	Capacité (m³)	Produit	Observations
01	6213 (2000)	Super	A 32%
02	3440 (1500)	Gas-oil	A 43%
03	1195	Gas-oil	Réformé
04	2372 (2000)	Gas-oil	Mauvais état
05	2372 (2000)	Gas-oil	Mauvais état
06	1508	Gas-oil	A l'arrêt
07	1520	Gas-oil	A l'arrêt
08	1512 (1512)	Toluène	Mauvais état
09	1515	Super	A l'arrêt
10	2366 (1000)	Super	A 50%
11	1514 (1500)	W-spirit	Moyen
12	1515	Super	A l'arrêt
13	2364	Essence N	A l'arrêt
14	3816 (3300)	Essence N	Bon
15	3808 (3300)	Essence N	Bon
16	2578 (2300)	W-spirit	Bon
20,21,22,23,25	100 chacun		Bacs de charge

Etat récapitulatif des capacités de stockage

Produit stocké	Nombre de bac	Capacité totale (m³)	Capacité (m³) Opérationnelle	Taux d'immobilisation
Super	04	11609	3000	75%
Gas-oil	06	12405	5500	56%
Essence N	03	9988	6600	34%
Toluène	01	1512	1512	00%
W-spirit	02	4092	3800	08%
<b>TOTAL</b>	<b>15</b>	<b>39606</b>	<b>20412</b>	<b>49%</b>

- Centre carburant 16A.

### Etat des bacs de stockage

N° bac	Capacité (m³)	Produit	Observations
01	1300 (1200)	Super	Bon état
02	600	A 72	Bon état
03	600	Super	Ouvert
04	1346 (1200)	Essence N	Bon état
05	3742 (3500)	Gas-oil	Bon état
06	3750 (3500)	Essence N	Bon état
07	3700 (3500)	Gas-oil	Prévu pour l'ouverture
08	3742 (3500)	Essence N	Bon état
09	1898 (1800)	Super	Prévu pour L'ouverture
10	1400 (1300)	Gas-oil	Bon état

### Etat récapitulatif des capacités de stockage

Produit stocké	Nombre de bacs	Capacité totale (m³)	Capacité (m³) Opérationnelle	Taux d'immobilisation
Super	03	3798	3000	22%
Gas-oil	03	8842	8300	07%
Essence N	03	8838	8200	09%
A 72	01	600	600	00%
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>22078</b>	<b>20100</b>	<b>09%</b>

**ETAT RECAPITULATIF DES CAPACITES DE STOCKAGE  
DE L'UND D'ALGER**

<b>Produit stocké</b>	<b>Nombre de bacs</b>	<b>Capacité totale (m³)</b>	<b>Capacité (m³) Opérationnelle</b>	<b>Taux d'immobilisation</b>
Super	08	17819	7900	56%
Gas-oil	14	29520	20300	32%
Essence N	08	23728	16700	30%
Pétrole	02	3620	900	76%
Toluène	01	1512	1512	00%
W-spirit	02	4092	3800	08%
A 72	01	600	600	00%
<b>TOTAL</b>	<b>36</b>	<b>80891</b>	<b>51712</b>	<b>36%</b>

On constate que le taux d'immobilisation est important, mise à part celui du toluène et du pétrole, qui sont des produits stockés en faible quantité et destinés à une clientèle bien déterminée.

## CHAPITRE 2

### PROPRIETES DES PRODUITS



Le dépôt **Caroubier** doit assurer le stockage et la distribution des produits suivants :

1. Carburants :
  - Supercarburant avec et sans plomb.
  - Essence ordinaire (normale).
  - Gas-oil.
2. Hydrocarbures aromatiques :
  - Toluène.
  - Xylène.
  - White-spirit.
  - Napht.C.

Les carburants sont dans leur version classique, des mélanges d'hydrocarbures issus des opérations de raffinage et de transformation du pétrole brut.

### **1) Supercarburant et essence ordinaire :**

Ils présentent des propriétés physiques très voisines .

#### **a) Propriétés physiques :**

La densité, la courbe de distillation et la pression de vapeur constituent les caractéristiques physiques du carburant les plus importantes.

- La densité doit rester comprise entre deux bornes qui diffèrent légèrement suivant le type de carburant (essence normale, supercarburant avec ou sans plomb). Les valeurs moyennes relatives aux produits commerciaux oscillent entre 0.730 et 0.760 pour les supercarburants, entre 0.720 et 0.745 pour les essences ordinaires.
- La courbe de distillation du carburant représente le pourcentage de produit distillé à pression ambiante, en fonction de la température. Elle est en général définie par quelques repères : point initial, point final, pourcentage distillés à 70°C et à 100°C, désignés respectivement par les symboles E70 et E100.
- La pression de vapeur se détermine au moyen d'une méthode normalisée ; elle s'exprime par la pression relative développée à 37.8°C par les vapeurs issues d'un certain volume d'essence et recueillies dans une enceinte métallique de forme et de contenance bien déterminées.

#### **b) Propriétés thermiques :**

- La chaleur de vaporisation constitue théoriquement une caractéristique importante pour la préparation du mélange carburé. En fait, cette grandeur reste sensiblement constante pour tous les carburants classiques (335J/g).
- Le pouvoir calorifique varie généralement peu pour l'ensemble des carburants classiques, exprimé en volume, il est le plus souvent de 2 à 3% plus élevé pour le supercarburant que pour l'essence ordinaire. Les valeurs moyennes sont de l'ordre de 32500 kJ/l et 31700 kJ/l pour chacun des deux types de qualités.

### c) Propriétés chimiques :

L'indice d'octane caractérise la résistance au claquetis (phénomène parasite dû à une auto-inflammation d'une partie du mélange air-carburant) d'un carburant.

Le carburant testé est comparé à deux hydrocarbures purs choisis comme référence. Il s'agit respectivement du **2,2,4-triméthyl pentane** (isooctane), très résistant à l'auto-inflammation, auquel on attribue l'indice 100, et du **n-heptane**, peu résistant, qui reçoit l'indice 0.

On dit qu'un carburant présente un indice X d'octane, s'il se comporte comme un mélange de X% d'isooctane et de (100-X)% de n-heptane. Les mélanges binaires isooctane-heptane sont appelés carburants primaires.

La suppression de plomb : les alkyles de plomb qui permettent d'accroître aisément et à faible coût l'indice d'octane des carburants, deviennent toutefois indésirables en cas de réglementation antipollution très sévère, non pas en raison de leur toxicité directe, mais parce qu'ils constituent des poisons pour les pots d'échappements catalytiques à base de métaux précieux utilisés pour supprimer les polluants gazeux.

## 2) Gas-oil :

### a) Propriétés physiques :

La densité, l'intervalle et la courbe de distillation, la viscosité, le comportement à basse température forment un ensemble de caractéristiques physiques importants du gas-oil.

- La densité est comprise entre 0.820 et 0.8510 à 15°C.
- Les gas-oils se distillent habituellement entre 150-180°C ( point initial) et 360-380°C (point final)
- La viscosité doit être, selon la réglementation inférieure à 9.5 centistokes . En pratique, elle est le plus souvent comprise entre 3 et 5 centistokes à 20°C pour les gas-oils classiques.
- Il existe un ensemble de spécifications relatives au comportement du gas-oil à basse température : le point de trouble ; la température limite de filtrabilité ; le point d'écoulement.

### b) Propriétés chimiques :

L'indice de cétane est déterminé comme l'indice d'octane, à partir de deux hydrocarbures de référence : le **n-cétane** (indice 100) et le  **$\alpha$ -méthyl-naphtalène** (indice 0).

Les hydrocarbures aromatiques ont les propriétés suivantes.

### 1) Toluène :

Le toluène est un hydrocarbure aromatique de synthèse, encore appelé méthylbenzène.

Ce solvant aromatique d'une grande pureté est utilisé pour les applications variées, qui exigent un produit ayant un grand pouvoir dissolvant.

Grâce à sa volatilité, le toluène sert comme solvant dans la fabrication de produits en caoutchouc synthétiques, des encres pour impression sur textiles et linoléum, des insecticides, des enduits.

Comme matières premières, le toluène est utilisé dans la fabrication des teintures, des colorants, des désinfectants et beaucoup d'autres produits chimiques.

De part sa pureté et sa stabilité au fractionnement, il est très largement employé dans la fabrication d'explosifs.

Un autre grand rôle que le toluène joue dans l'industrie, est celui d'améliorer l'indice d'octane des essences de qualité moyenne.

Formule :  $C_6H_5-CH_3$

Pureté : 99.90%

Intervalle de distillation inférieur à 1°C

- point initial : 110°C

- point final : 111°C

Point de fusion : - 95°C

Point d'ébullition : 110.8°C

Point d'éclair : 5°C

Densité à 15°C : 0.870

Indice de réfraction à 20°C : 1.4966

Le toluène est infiniment soluble dans l'éthanol, l'éther et le benzène.

### 2) Xylène :

Le xylène (diméthyl benzène) est un solvant aromatique d'une exceptionnelle pureté.

C'est un composé à 99.40% d'aromatique, qui distille dans un intervalle de température de 1°C environ. Son pouvoir solvant très élevé en fait un produit de choix pour certain nombre d'utilisateurs exigeants dans ce domaine.

Il renferme des isomères bien adaptés à des formulations qui requièrent une réduction sensible de la viscosité ; il a aussi un pouvoir solvant excellent vis-à-vis des résines acryliques.

Grâce à sa haute teneur en aromatique et à ses caractéristiques précises de volatilité, le xylène est largement utilisé dans les composés acryliques, les laques, les vernis et d'autres formulations de revêtement, où il sert de solvant, de diluant ou d'agent d'extension selon la composition du revêtement.

Grâce aussi à son pouvoir solvant vis-à-vis de l'anhydride phtalique, il est très utilisé dans les procédés de cuisson des résines en solution ou par distillation azéotropique.

Il a la possibilité de dissoudre de grandes quantités de produits toxiques, sans que ses vapeurs présentent d'effets nocifs ; cette propriété en fait un produit recherché dans la fabrication des insecticides.

Formule : CH<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>-CH<sub>3</sub>  
Distillation : - point initial : 138.6°C  
- point final : 140°C  
Point d'éclair : 27°C  
Densité à 15°C : 0.869  
Indice de réfraction à 20°C : 1.4966

### **3) White-spirit :**

Le white-spirit est un mélange d'hydrocarbures d'origine minérale ou de synthèse.

Distillation : - point initial : inférieur ou égal à 135°C  
- point final : inférieur ou égal à 205°C  
Teneur en soufre inférieure ou égale à 0.05% en masse  
Point d'éclair supérieur ou égal à 30°C

### **4) Napht.C :**

La napht.C est un produit solvant fabriqué par Naftec (raffinage), proche de l'essence C.

Distillation : - point initial : 88°C  
- point final : 98°C  
Densité : 0.6872  
N arôme : 91.24%  
Benzène : 5.88%  
Toluène : 2.88%

**Tableau récapitulatif des caractéristiques**

	Gas-oil	Super	Normal	W-spirit	Toluène	Xylène	Napht-C
Densité à 20°C	0.835	0.750	0.735	---	0.870	0.869	0.6872
Point (°C) d'éclair	> 55	---	---	≥ 30	5	27	---
Nbre d'octane	---	96	89	---	---	---	---
Nbre de Cétane	> 48	---	---	---	---	---	---
Teneur en Soufre % masse	< 1	< 0.15	< 0.15	≤ 0.05	---	---	---
Viscosité ( Cst )	9.00	0.65	0.65	9.00	0.68	0.92	0.65

NB : 1 Cst =  $10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s.

## CHAPITRE 3

### GENERALITES

**RESERVOIRS**

Un réservoir est un récipient dans lequel un liquide ou un gaz est accumulé en réserve.

Les produits pétroliers liquides ou liquéfiés sont classés en quatre catégories selon la tension de vapeur  $P_v$ , qu'ils ont aux températures de stockage  $T^\circ$ .

A chaque catégorie correspond un type de réservoir.

Ces réservoirs doivent supporter la pression de service, qui est égale à la somme de la pression hydrostatique (essentiellement due à la nappe supérieure du liquide) et à la pression de vapeur ( $P_v$ ).

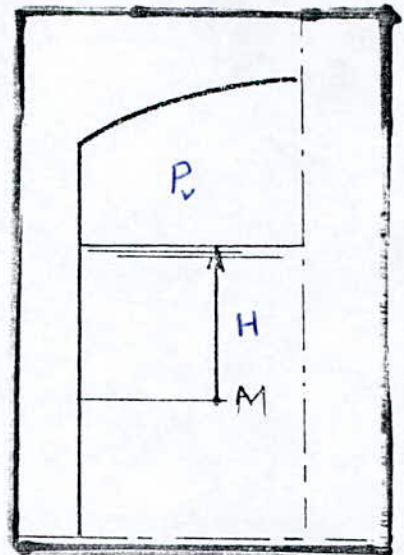
Au point M on a :

$$P_s = \rho g H + P_v$$

$\rho$  : masse volumique du liquide.

$g$  : intensité du champ de pesanteur

$H$  : hauteur de la colonne de liquide supérieure.



### 1) Classification des réservoirs :

Il est convenu de ranger les produits pétroliers en quatre classes suivant leur volatilité.

A chaque classe correspondent des types particuliers de réservoirs, qui se différencient essentiellement par leur pression de service.

Tout réservoir supporte d'une part, la pression hydrostatique créée par le liquide contenu et d'autre part, la pression de la phase gazeuse surmontant le liquide. On le caractérise par les limites de l'intervalle dans lequel peut varier cette pression de la phase gazeuse sans qu'il y ait risque de détérioration.

Le tableau suivant donne :  
- la définition des quatre classes des hydrocarbures .  
- l'indication des réservoirs correspondants, leurs pressions de tarage (pressions relatives) et leur dénomination.



Classement des produits stockés			Types de réservoirs correspondants
N° de Classe	Tension de vapeur aux T° de stockage	Exemples de Produits	
01	$P_v > 1\text{Kg/cm}^2$	Propane	Réservoirs cylindriques à fonds hémisphériques : cocons.
02	$P_v$ légèrement $< 1\text{Kg/cm}^2$	Butane	Sphères, cylindres.
03	$P_v$ toujours $< 1\text{Kg/cm}^2$ Mais non négligeable	Pétroles Carburants	- Réservoirs à toit flottant. - Réservoirs G3 (haute pression). - Réservoirs G2 (moyenne pression).
04	$P_v$ négligeable	Gas-oil Fuels Etc...	Réservoirs G1 (basse pression).

Les pressions de tarage (pressions relatives) pour les réservoirs "G", sont données par le tableau suivant :

Type de réservoir	G1	G2	G3
Tarage à la surpression (mbar)	5	25	150 ou plus
Tarage à la dépression (mbar)	2.5	5	5

## 2) Réservoirs "G1" et "G2" :

Ces réservoirs cylindriques sont normalisés et ne diffèrent que sur des points de détail.

Ils seront donc présentés en commun.

### a) Dimensions et construction :

Le réservoir comporte un fond plat, une virole cylindrique et un toit fixe.

Il est réalisé par assemblage de tôles soudées de largeur 1.80m ou 2.40m et de longueur  $n\pi$ , ce qui donne un nombre entier pour le diamètre du réservoir. Le choix du nombre de tôles par virole et du nombre de viroles permet d'obtenir toute une gamme de capacités répondant aux exigences de l'utilisateur.

L'épaisseur des viroles est calculée par la relation suivante :

$$e = Pr/M\sigma + c$$

P : pression de calcul

r : rayon intérieur

M : coefficient de soudure (0.85)

$\sigma$  : contrainte admissible

c : surépaisseur (3mm)

Les viroles sont réalisées par des tôles d'acier doux du type A 42, d'où la contrainte admissible est égale :

$$\sigma = \sigma_r / 2.75$$

2.75 : coefficient de sécurité

$\sigma_r$  : contrainte de rupture =  $42 \cdot 10^2$  bar

$$\sigma = \underline{15.30 \cdot 10^2 \text{ bar}}$$

Les réservoirs de stockage sont normalisés et construits sur les bases d'une pression de calcul, assurant toute fiabilité dans la tenue en pression.

$$P > P_s = \rho g H + P_v$$

Prenons l'exemple d'un réservoir de gas-oil, de diamètre 23.5m, de hauteur 13.83m. La tension de vapeur pour le gas-oil étant négligeable, on a :

$$P = \rho g H$$

$$\rho = 850 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$H = 13.83 \text{ m}$$

$$\underline{P = 1.2 \text{ bar}}$$

D'où, l'épaisseur est égale à :

$$e = Pr / M\sigma + c$$

$$P = 1.2 \text{ bar}$$

$$r = 23.5/2 = 11.75 \text{ m}$$

$$M = 0.85$$

$$\sigma = 15.30 \cdot 10^2 \text{ bar}$$

$$c = 3 \text{ mm}$$

$$\underline{e = 14 \text{ mm}}$$

Comparons la valeur de cette épaisseur obtenue par calcul avec celle donnée par les deux tableaux normalisés ci-dessous.

En prenant comme hauteur la valeur de 14.40m (13.83m) et comme diamètre la valeur de 24m (23.5m), nous obtenons une épaisseur de 13mm.

La différence est due à la valeur de la surépaisseur choisie à 3mm étant donné la proximité du dépôt de la mer, donc le risque de corrosion accru.

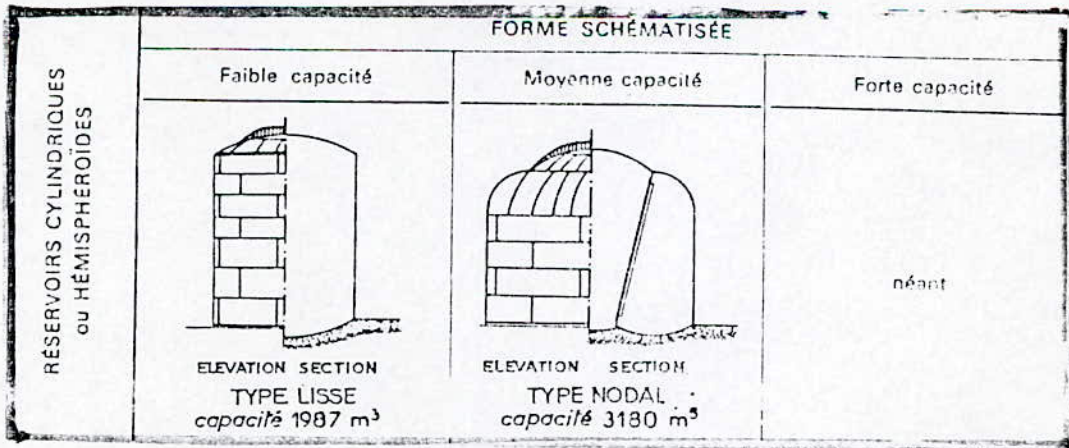
Soient, les tableaux suivants pour les réservoirs G1 et G2.

### ECHELONNEMENT DES CAPACITES

Diamètre D (m)		4.5	6	8	12	16	20	24	30	36	42
Dimensions Des tôles (mm)		1.80 × 1.5π		1.80 × 2π				2.40 × 3π			
Hauteur des robes (m)		CAPACITES (m³)									
D<20m	D>20m										
1.80		30	50	90							
3.60		60	100	180							
5.40		90	150	270							
7.20		110	200	360	810	1450					
9.00		140	250	450	1020	1810	2830				
10.80	9.60		310	540	1220	2170	3390	4330	6780		
12.60	12.00			630	1420	2530	3960	5430	8480	12210	16620
14.40	14.40				1630	2900	4520	6520	10170	14650	19940
	16.80										23260
Surface du fond (m²)		15.9	28.3	50.2	113.1	201	314.1	452.2	706.5	1017.	1384.

## ELEMENTS PRINCIPAUX DE CONSTRUCTION

Diamètre nominal (m)		4.5	6	8	12	16	20	24	30	36	42	
Forme du toit		G1 conique, pente 1/16=0.0625m/m G2 sphérique, flèche : 1/12					G1 conique, pente 1/16=0.0625m/m					
Charpente		Sans poteaux			G1 avec pot G2 sans pot		A poteaux					
Toit (épaisseur des tôles en mm)		5										
Cornière en tête (mm)		70×70×7				80-80 ×8	100×100×10			120×120×12		
N° viroles		Epaisseur des viroles										
Hauteur nominale (m)	V.1	1.80	5	5	5	5	6	6	6	6	6	7
		2.40										
	V.2	3.60	5	5	5	5	6	6	6	6	6	7.5
		4.80										
	V.3	5.40	5	5	5	5	6	6	6	6.5	8	9.5
		7.20										
	V.4	7.20	5	5	5	5	6	6	6	6.5	8	9.5
		9.60										
	V.5	9.00	5	5	5	5	6	7	7	8.5	11	13
	12.00											
V.6	10.80		5	5	5	6.5	8	8	11	13.5	16	19
	14.40											
V.7	12.60			5	6	7.5	9.5	9.5	13	16	19.5	22.5
V.8	14.40				6.5	9	11	11	13	16	19.5	22.5
Fond (épaisseur de tôles mm)		8										



### **b) Stabilité des réservoirs :**

Les dimensions importantes des structures et les épaisseurs relatives faibles, posent des problèmes de stabilité importants, aussi bien à la pression qu'à la dépression. Les réservoirs ont tendance à se déformer, aussi est-il recommandé de prendre un grand soin de l'assise sur laquelle ils reposent : fondations périphériques, remblai correctement compacté...

#### **- Stabilité à la pression :**

Un réservoir est dit stable à la pression lorsque, vide et soumis à la pression maximale admissible, l'étendue de son fond reste entièrement en contact avec la fondation (pas de soulèvement à la périphérie).

La relation suivante doit être vérifiée :  $P_r + P_t > A_f \times P$

$P_r$  : poids de la robe ;

$P_t$  : poids du toit ;

$A_f$  : surface du fond ;

$P$  : pression interne.

Prenons le cas d'un réservoir de diamètre  $D = 27\text{m}$  et de hauteur  $H = 13.97\text{m}$ .

$$P_r = 2\pi r H \rho_{\text{acier}} g$$

$$P_t = \pi r^2 \rho_{\text{acier}} g$$

$$P_r + P_t = 137\,100 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$A_f = \pi r^2$$

$$P = 1 \text{ bar (pression atmosphérique)}$$

$$A_f \times P = 58\,000 \cdot 10^3 \text{ N}$$

La relation étant vérifiée, le réservoir est donc stable à la pression.

#### **- Stabilité à la dépression :**

Le fond d'un réservoir est dit stable à la dépression si, à vide et sous l'effet de la dépression maximale, il ne se soulève pas de la fondation (pas de décollement au centre). Il faut pour cela que le poids de la tôle de fond par centimètre carré soit supérieur ou égal à la valeur de la dépression.

### **c) Essais des réservoirs G1 et G2 :**

Aucun réservoir ne peut-être mis en service aux hydrocarbures s'il n'a pas subi de manière satisfaisante les essais suivants :

- Essai d'étanchéité de fond : il se fait sur le sol à l'aide de cloches à vide spéciales. Durée : 48 h.

- Essai d'ensemble à l'eau : réservoir rempli jusqu'à une hauteur telle que le toit soit mouillé intérieurement sur une couronne de un mètre de largeur.

Durée : 3 jours.

- Essai d'ensemble à la dépression : hauteur d'eau égale à un mètre ; réservoir fermé, on procède à la vidange progressive pour atteindre la dépression de :

\*  $2\text{g/cm}^2$  pour les réservoirs G1.

\*  $5\text{g/cm}^2$  pour les réservoirs G2.

Durée : 12 h.

- Essai du toit à la pression : \* 15g/cm<sup>2</sup> pour les réservoirs G1.  
\* 30g/cm<sup>2</sup> pour les réservoirs G2.

Durée : 24 h.

- Essai aux hydrocarbures pendant l'exploitation.

Durée : 1 an.

### 3) Accessoires :

Les réservoirs comportent une ou plusieurs tubulures d'entrée et de sortie des produits selon leur capacité ; la tubulure d'entrée est généralement située à la base du réservoir à environ 0.50m du fond pour laisser un volume mort où les dépôts peuvent s'accumuler, ou pour permettre le stockage sur un plan d'eau. on évitera l'emploi de piquages d'entrée en haut de la robe, car la chute du produit refoulé dans le réservoir crée toujours une certaine densité d'électricité statique.

En plus de ces tubulures, le réservoir doit comporter un grand nombre d'accessoires, qui représentent une part importante du scout total de l'installation, étant donné leur diversité et souvent la haute qualité requise pour certains d'entre eux. On distingue :

#### a) Accessoires d'accès :

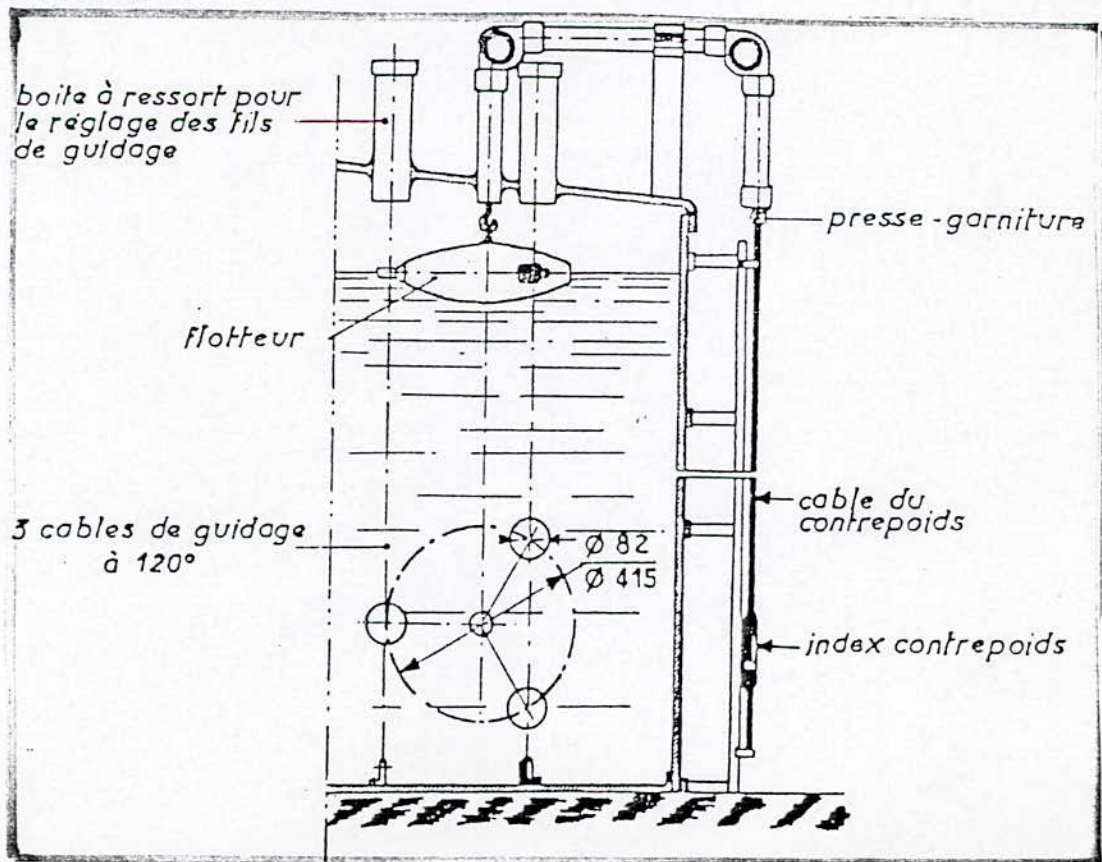
Ils comprennent : escaliers, garde-corps, passerelles.

#### b) Accessoires de visite et de nettoyage :

La visite se fait par des trous d'hommes, permettant au personnel le nettoyage et l'élimination des boues , de la rouille et de l'eau qui peuvent s'accumuler au fond.

#### c) Accessoire de mesurage des produits :

Un niveau à flotteur dont le câble traverse le toit, et par des poulies de renvoi est raccordé à un index se déplaçant devant une règle graduée fixée à la robe, nous permet d'avoir des mesures courantes et très approximatives du produit contenu dans le réservoir.



**ÉCOULEMENT DANS LES CONDUITES**

### **1) Généralités :**

Les tuyaux les plus utilisés sont les tuyaux en fonte et ceux en acier.

Pour le transport des produits pétroliers, on emploie des tubes en acier, malgré leur faible résistance à la corrosion.

L'acier utilisé pour leur fabrication est l'acier doux. Cette fabrication peut se faire soit sans soudure, soit avec soudure. Les tubes sans soudure peuvent être obtenus sur des trains pèlerins ; les tuyaux avec soudure sont obtenus à partir de feuillards (ébauches en forme de bandes laminés).

Les longueurs les plus courantes sont comprises entre 6m et 14m ; les épaisseurs, elles, varient en général entre 5mm et 13mm.

Les principales caractéristiques sont données par la spécification A.P.I.

Dans le tableau suivant, sont données les nuances d'aciers les plus employées :

A.P.I	Grade	$\sigma_e$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_r$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
5 L	A	21	34
5 L X	B	25	42
5 L X	X 42	29	42
5 L X	X 46	32	45
5 L X	X 52	37	47
5 L X	X 56	39	52
5 L X	X 60	41	55

A.P.I : American Petroleum Institute.

$\sigma_e$  : contrainte élastique.

$\sigma_r$  : contrainte de rupture.

### **2) Choix du diamètre de la conduite :**

Les conduites alimentant les réservoirs et les conduites d'aspiration des pompes ont un diamètre de 6 pouces (150mm), tandis que celles de refoulement des pompes ont un diamètre de 8 pouces (200mm).

### **3) Résistance des conduites :**

Les calculs de résistance d'une conduite se limitent essentiellement :

- à la détermination de l'épaisseur de la conduite dans une section donnée ;
- à la répartition des épaisseurs d'une conduite.

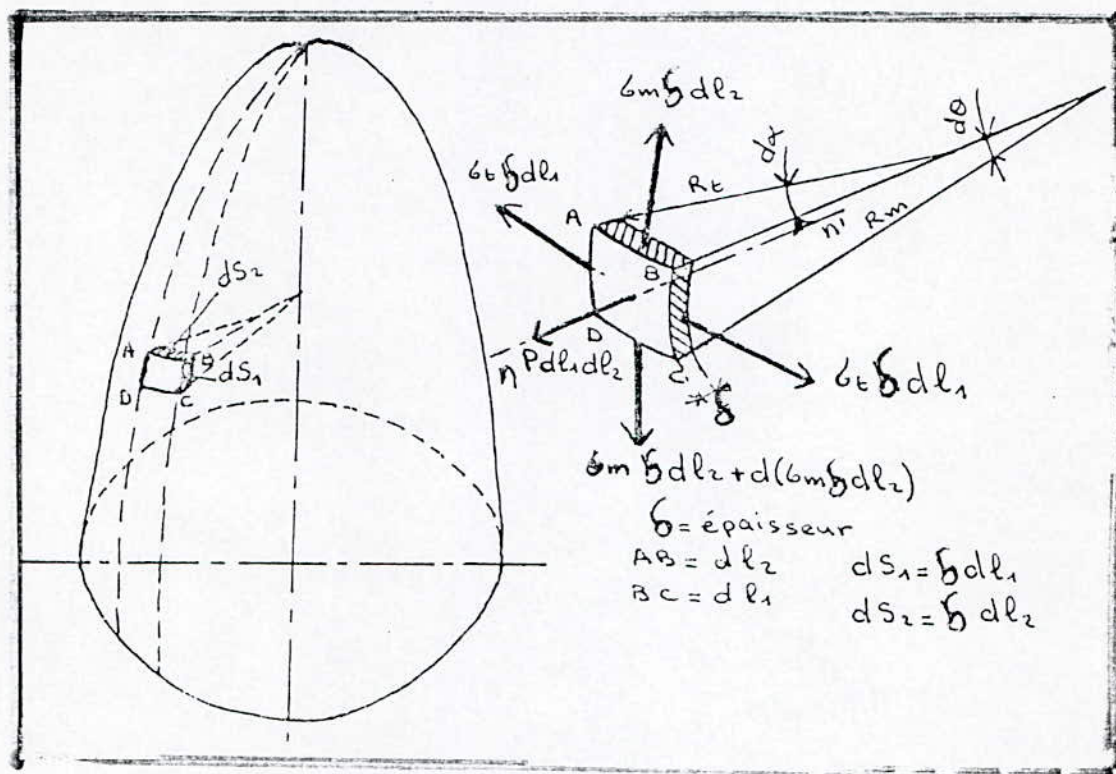
Pour déterminer l'épaisseur de la conduite, établissons la formule de Laplace, pour une enveloppe symétrique.

Une enveloppe est un corps, dont l'épaisseur est bien plus petite que les deux autres dimensions.

La surface moyenne d'une enveloppe est le lieu géométrique des points équidistants des deux surfaces de cette enveloppe, si la surface moyenne est une surface de révolution, l'enveloppe est dite enveloppe symétrique.



Considérant une enveloppe symétrique d'épaisseur  $\delta$ .  
 Une telle enveloppe est caractérisée par son rayon de courbure de l'arc méridien  $R_m$  de la surface moyenne et par son rayon de courbure  $R_t$  de la section normale, perpendiculaire à l'arc méridien.



Faisons une coupe infiniment petite de cette enveloppe, de dimensions  $dl_1$  et  $dl_2$ .

Supposons que cet écoulement est soumis à une pression extérieure  $P$  ; les contraintes suivantes apparaissent sur les flancs :

- contrainte méridienne  $\sigma_m$  sur la surface  $\delta \cdot dl_2$  ;
- contrainte tangentielle  $\sigma_t$  sur la surface  $\delta \cdot dl_1$ , appelée aussi contrainte circonférentielle.

L'équation d'équilibre de cet élément, suivant l'axe normal  $n-n'$  est :

$$P dl_1 dl_2 - \sigma_m \delta dl_2 d\theta - \sigma_t \delta dl_1 d\alpha = 0 \text{ ----- (1)}$$

Or :  $d\alpha = dl_2/R_t$   
 $d\theta = dl_1/R_m$

d'où l'équation (1) devient :

$$P/\delta - \sigma_m/R_m - \sigma_t/R_t = 0$$

L'équation de **Laplace** est :

$$P/\delta = \sigma_m/R_m + \sigma_t/R_t \quad \text{----- (2)}$$

Dans le cas d'une conduite on a :  $R_t = R = D/2$   
 $R_m = \infty$

D'où l'équation **(2)** de **Laplace** devient :

$$\sigma_t = PR/\delta$$

L'épaisseur est donc exprimée par la formule :

$$\delta = PD/2\sigma_t$$

avec  $\sigma_t = K_e \cdot \sigma_e$

$K_e$  : coefficient.  
 $\sigma_e$  : limite élastique.

Exemple de calcul :

Considérant un réservoir contenant du gas-oil de diamètre  $D = 27\text{m}$  et de hauteur  $H = 13.97\text{m}$ .

$$\delta = PD/2K_e\sigma_e \quad K_e = 0.75$$
$$\sigma_e = 3700 \text{ bar}$$

D'où :  $\delta = 5.68 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

$$\delta = 5.68 \text{ mm}$$

L'épaisseur normalisée est de 6.35 mm.

#### 4) Écoulement dans les conduites :

L'écoulement des hydrocarbures est un écoulement permanent, c'est-à-dire qu'en tout point, les grandeurs physiques ( $P, V, \rho, \dots$ ) caractérisant cet écoulement, sont indépendants du temps.

L'étude des écoulements permanents en conduite circulaire d'un fluide réel donc  $\rho$  est supposée constante, consiste à déterminer essentiellement les profils des vitesses (ou des débits) et les hauteurs de charges totales le long de la conduite.

Or, à cause des phénomènes de turbulence et des contraintes de frottement (la viscosité du fluide n'est jamais nulle et la paroi n'est jamais parfaitement lisse), on enregistre une dissipation de l'énergie mécanique du fluide entraînant une diminution de la charge totale le long de la conduite : on dit qu'il y a pertes de charge.

##### a) Pertes de charge linéaires :

Les pertes de charge linéaires sont exprimées par

$$\Sigma h_{12} = \lambda LV^2/D2g$$

$V$  : vitesse moyenne du liquide véhiculé.

$D$  : diamètre de la conduite de longueur  $L$ .

$\lambda$  : coefficient des pertes de charge.

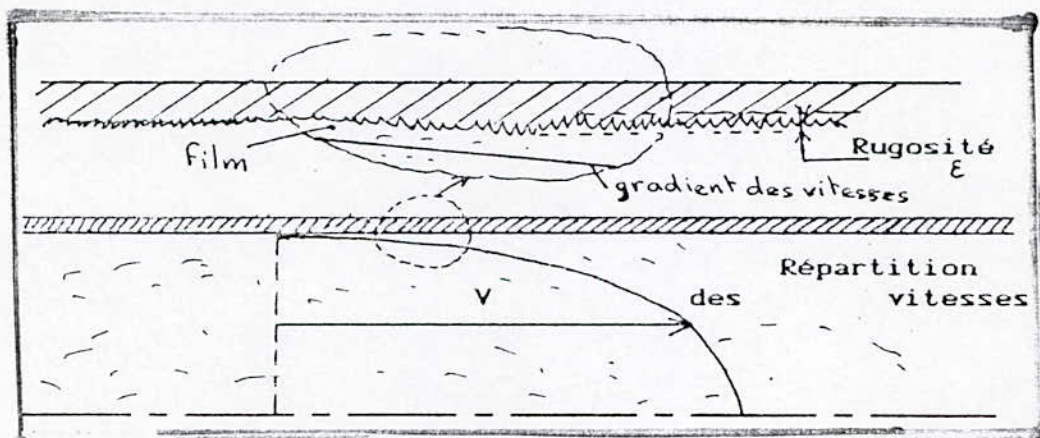
Le coefficient des pertes de charge ( $\lambda$ ) dépend de la surface des tubes (caractérisée par la rugosité relative  $\varepsilon/D$ ) en contact avec le liquide et du nombre de **Reynolds** ( $Re$ ) :

$$\lambda = f (Re, \varepsilon/D)$$

$\varepsilon$  : rugosité absolue c'est-à-dire la hauteur moyenne des aspérités.

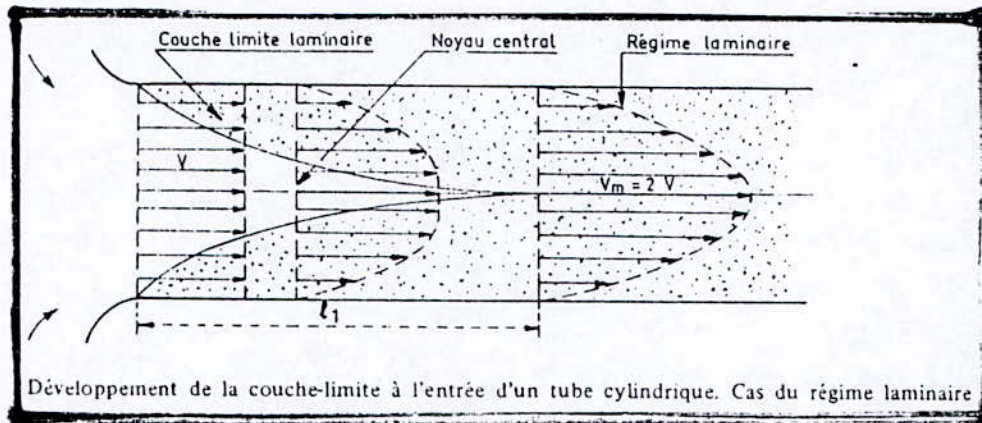
$Re$  : nombre de Reynolds  
( $= VD/\nu$ ).

$\nu$  : viscosité cinématique.

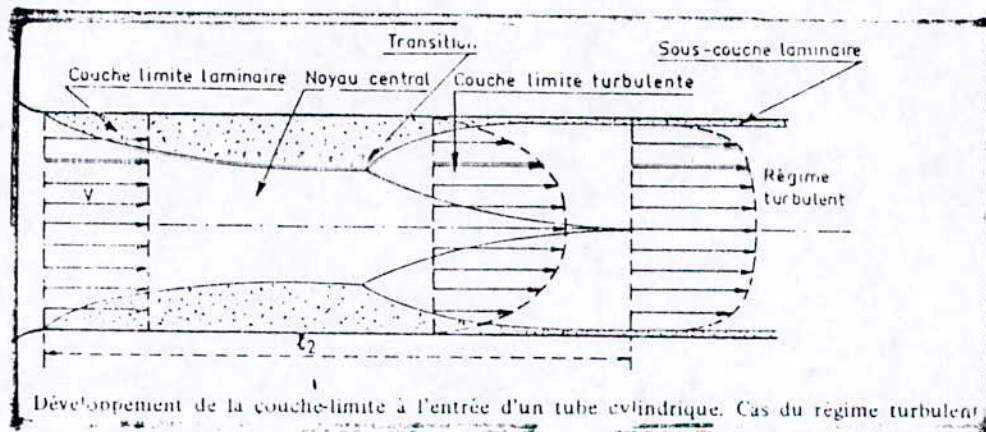


Les tuyaux utilisés sont à parois lisses ; du point de vue profil des vitesses, on distingue :

- une zone d'écoulement laminaire de très faible épaisseur



- au-delà de cette couche limite, on observe une zone d'écoulement turbulent,



- une zone centrale qui commence à apparaître à une distance de la paroi d'environ  $D/10$ , où les gradients des vitesses sont relativement faibles (profils des vitesses plats).

Les canalisations sont en acier et ont un diamètre de 6 pouces (150mm) pour l'aspiration et pour le refoulement ; leur rugosité absolue est égale à 0.05mm. Calculons leur rugosité relative  $\epsilon/D$  :

$$D = 150\text{mm} \text{ ----- } \epsilon/D = 0.00033$$

La rugosité relative pour les canalisations d'aspiration et de refoulement étant inférieure à 0.001, le coefficient de pertes de charge ( $\lambda$ ) ne dépend alors que du nombre de Reynolds. On aura donc :

- pour un écoulement laminaire  $Re < 2300$  :

$$\lambda = 64/Re.$$

- pour  $2300 < Re < 10^5$ , on utilise la formule de Blasius :

$$\lambda = 0.3164/Re^{1/4}$$

- pour  $Re > 10^5$ , on utilise la formule de Nikouradzé :

$$\lambda = 0.0032 + 0.221/Re^{2.57}$$

### b) Pertes de charge singulières :

Lors de l'installation de divers appareils sur une conduite (vannes, clapets...), on enregistre une perturbation de l'écoulement qui provoque une perte d'énergie appelée perte de charge locale ou singulière, exprimée par :

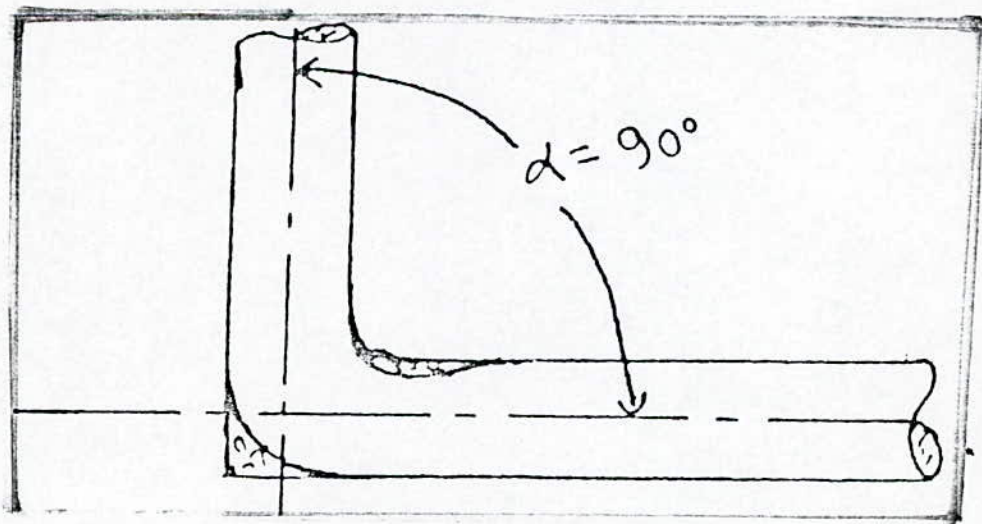
$$h_s = \xi V^2/2g$$

$\xi$  : coefficient de perte de charge local, variant d'un appareil à un autre.

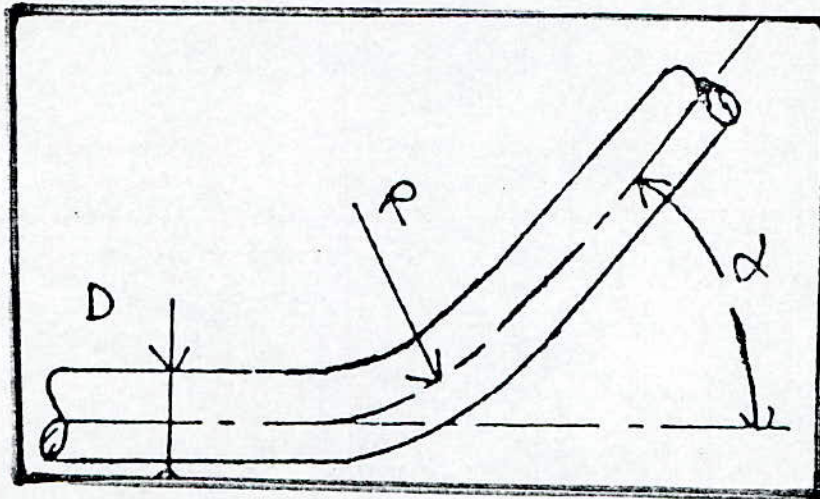
Une perte de charge a toujours lieu à la suite d'une perturbation de l'écoulement, due à toute modification du contour de la veine liquide.

Ces modifications proviennent :

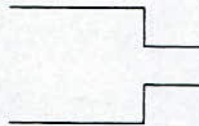
- Coudes à courbure  $3.00D$  à  $90^\circ$  ( $\xi=0.19$ ).



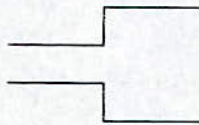
- Coudes à courbure  $3.00D$  à  $45^\circ$  ( $\xi=0.12$ ).



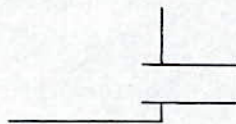
- Convergent brusque à bord vif ( $\xi=0.22$ ).



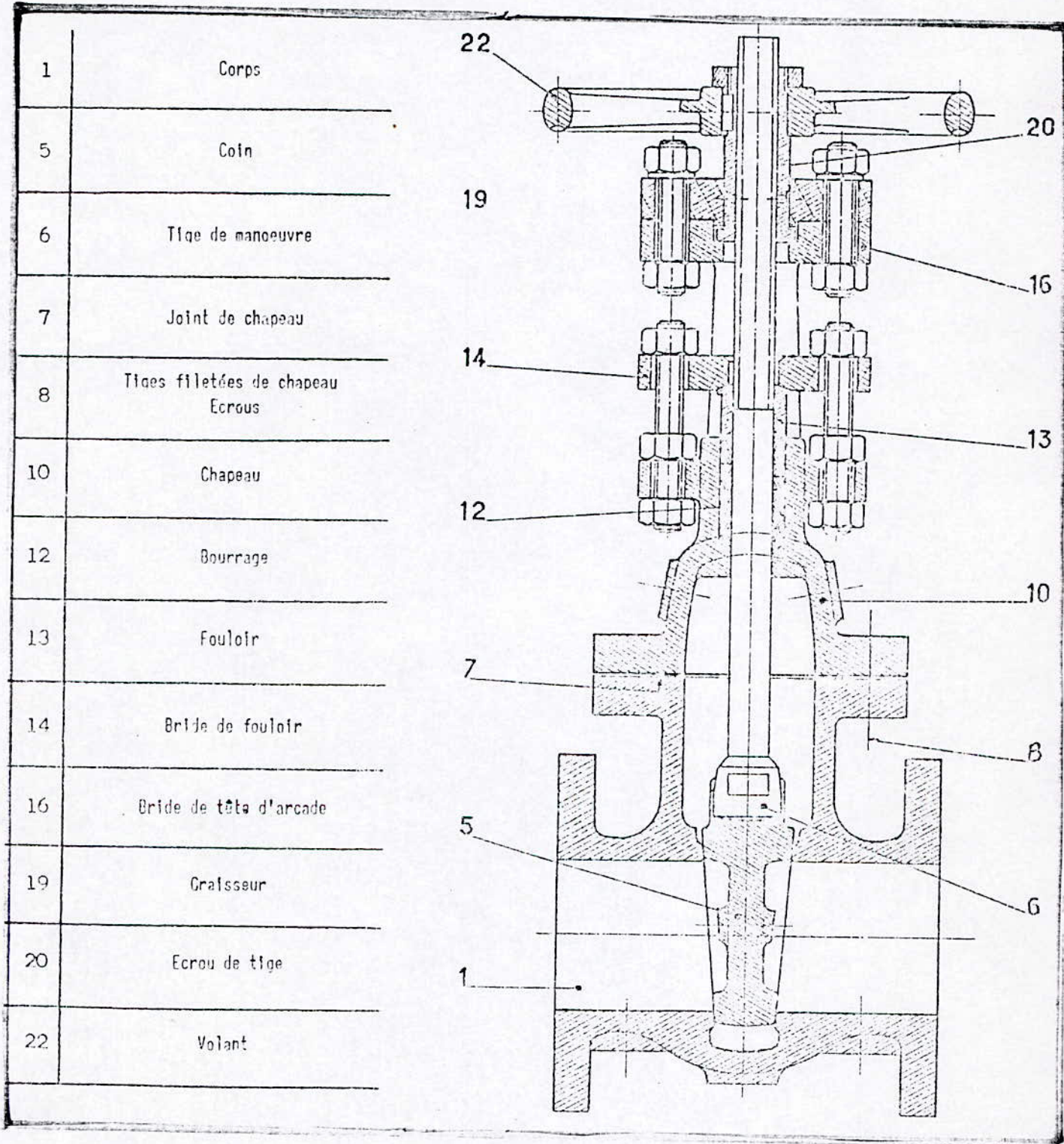
- Divergent brusque à bord vif ( $\xi=0.20$ ).



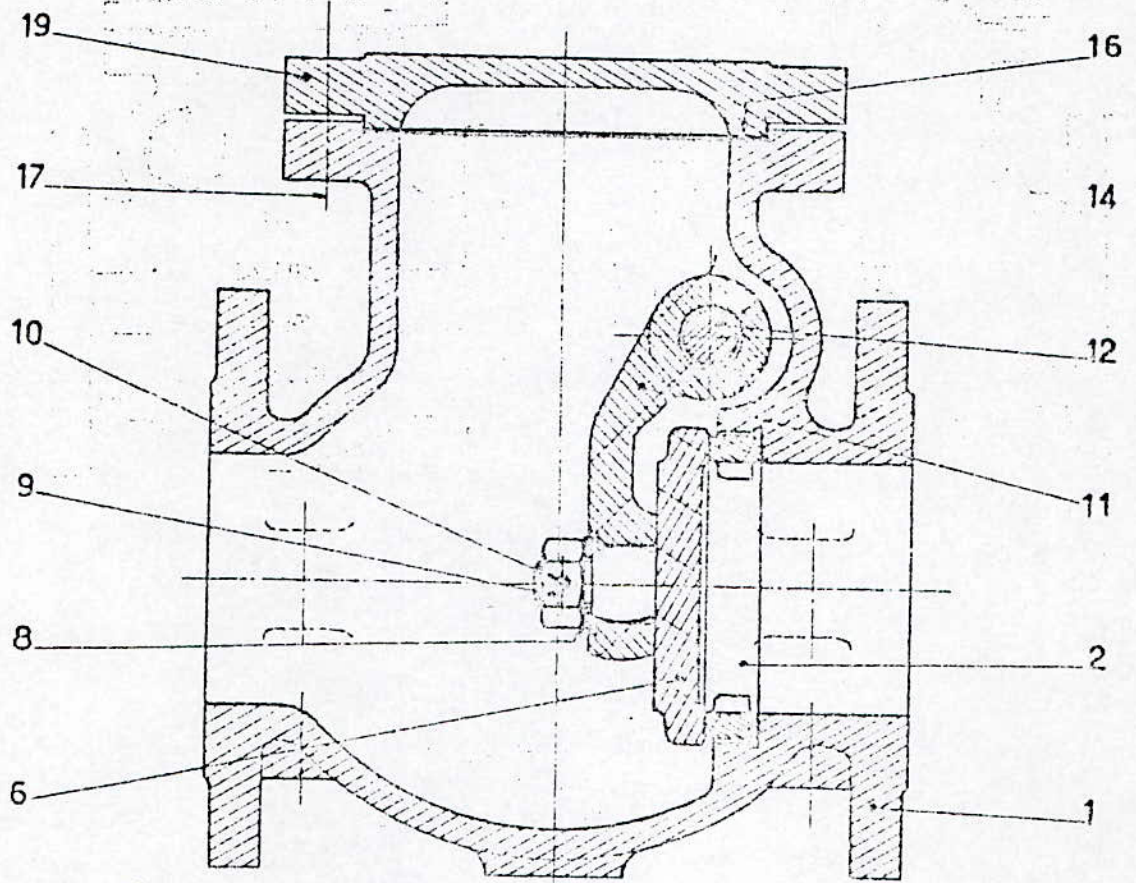
- Entrée tuyauterie ( $\xi=0.61$ )



- Vanne à opercule ( $\xi=0.20$ ).



- Clapet ( $\xi=5.00$ )



1	Corps	11	Battant
2	Siège de corps	12	Axe du battant
6	Clapet	14	Bouchon
8	Rondelle d'appui	16	Joint de couvercle
9	Ecrou de blocage	17	Tiges filetées de couvercle Ecrans
10	Goupille	19	Couvercle



Le N.P.S.H (hauteur de charge  
nette absolue)

Le comportement d'une pompe dans son installation est tributaire de plusieurs facteurs dont certains sont propres à l'installation elle-même.

C'est ainsi que le débit d'une pompe centrifuge bien adapté à l'installation sera déterminé par les caractéristiques débit-hauteur du réseau autant que par la courbe débit-hauteur de la pompe et la vitesse de rotation de celle-ci.

Encore ceci n'est-il vrai qu'à condition que la pompe ait été choisie en tenant compte de toutes les conditions susceptibles d'influencer les résultats. Si on se limite à la seule étude des conditions désirées au refoulement de la pompe, il y a un sérieux risque que le résultat escompté ne soit pas atteint.

Le facteur qui par la fréquence et par l'importance des ennuis qui peuvent en découler, mérite le plus d'attention est incontestablement l'alimentation défectueuse de la pompe.

De même que la point de fonctionnement (qui correspond à un équilibre entre la pompe et la consommation énergétique de la conduite) de la pompe aura été calculé en comparant les caractéristiques débit-hauteur de la pompe avec celles du réseau complet dont toutefois la partie située en aval de la pompe aura généralement la plus grande influence, l'aspiration correcte doit être vérifiée en comparant ses propres besoins d'aspiration aux possibilités offertes par le système de tuyauterie en amont. C'est en tenant compte de toutes les variables susceptibles d'affecter le comportement de la pompe qu'on est arrivé à la notion de NPSH.

La vérification des conditions d'aspiration se fait alors en comparant le  $NPSH_{requis}$  (par la pompe) au  $NPSH_{disponible}$  (dans l'installation), ce dernier devant toujours être supérieur au premier.

Le NPSH est la hauteur totale de charge à l'entrée de la pompe mesurée par rapport au plan de référence augmenté de la hauteur correspondant à la pression atmosphérique et diminuée de la hauteur correspondant à la tension de vapeur.

Il convient d'examiner d'une part les inconvénients à craindre si le  $NPSH_{disponible}$  est au contraire inférieur au  $NPSH_{requis}$  et, d'autre part les précautions qui sont à prendre pour s'assurer que l'installation telle qu'elle est réalisée traduise suffisamment fidèlement les bases de calcul pour permettre d'obtenir un résultat satisfaisant.

### **1) Influence des conditions défectueuses d'aspiration :**

Un défaut d'aspiration, c'est-à-dire l'absence d'une marge positive entre le  $NPSH_{disponible}$  et la  $NPSH_{requis}$ , ou dans le cas extrême une marge négative peut se traduire par un ou plusieurs symptômes et la gravité des effets de l'aspiration défectueuse varieront en fonction non seulement de l'insuffisance de marge mais également de la nature du fluide, du type et de la vitesse de la pompe, du tracé des tuyauteries etc...

Lorsque le  $NPSH_{requis}$  dépasse la valeur disponible, il se produit une vaporisation du liquide dans les régions de basse pression, généralement vers l'entrée de la roue. En même temps l'air ou le gaz dissous dans le liquide peut-être partiellement libéré.

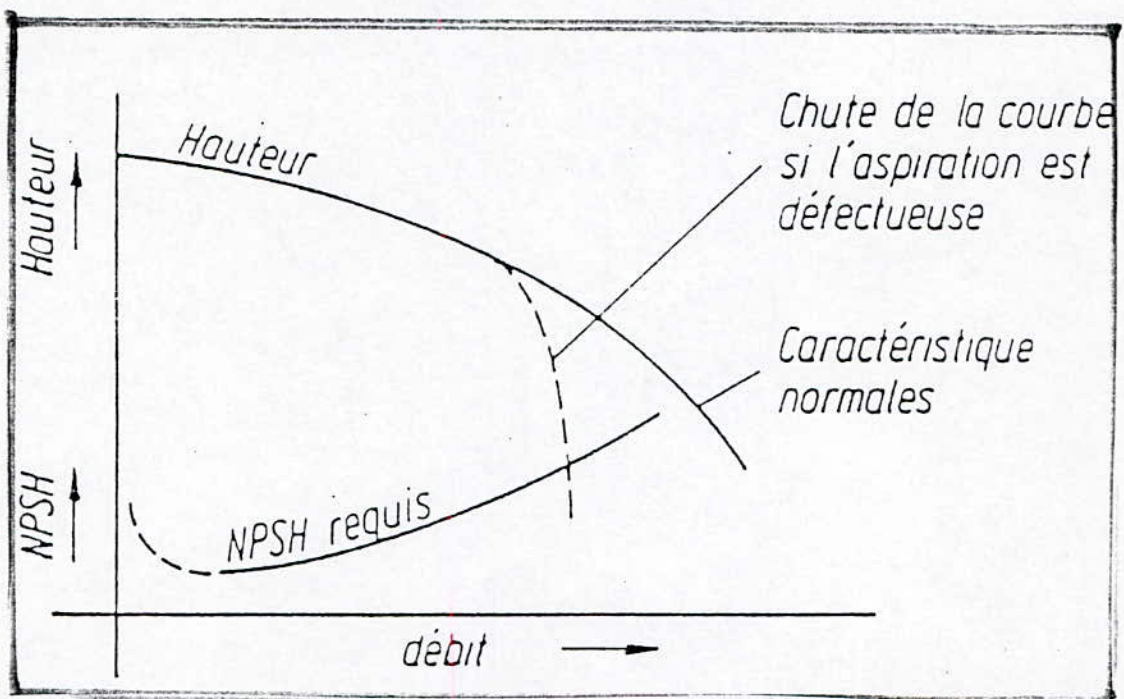
Il existe donc un système biphasé, comprenant d'une part le liquide, d'autre part sa propre vapeur éventuellement mélangée à un autre gaz. Ces gaz peuvent soit s'accumuler dans un point haut, soit entraînés par le liquide dans le passage à travers la pompe.

Dans ce dernier cas, lorsqu'ils atteignent une région de pression plus forte, la partie condensable redevient liquide, de même que la partie soluble peut-être réabsorbée par le liquide.

Le changement de phase dans ces conditions s'accompagne de transformation d'énergie ; il est généralement très brutal, et provoque un véritable martèlement des parois voisines.

La pompe ayant été étudiée pour fonctionner avec la seule phase liquide, on peut s'attendre à constater l'un ou plusieurs des symptômes suivants :

- accumulation de gaz, vapeur ou air dans les points hauts de l'installation, y compris la pompe.
- chute de la courbe caractéristique débit-hauteur de la pompe, ainsi que du rendement



#### -Influence de l'aspiration sur la courbe débit-hauteur-

- désamorçage de la pompe.
- bruits et vibrations dans les tuyauteries et dans la pompe.
- érosion des passages intérieures de la pompe, pouvant intéresser les aubes et les flasques de l'impulseur, les chemises d'arbres et même certaines parties du corps.
- échauffement et usure prématuré des paliers et de la butée.
- rupture de l'arbre, désagrégation de la roue.

Lorsque ces symptômes sont assez prononcés pour provoquer l'érosion de la pompe, et une marche bruyante, la pompe marche en cavitation. En maintenant sa marche dans des conditions, il est certain qu'à plus ou moins brève échéance, la pompe subira des dégâts importants, coûteux à réparer.

Il est donc indispensable d'étudier, et de faire réaliser l'installation, en fonction de la pompe choisie et du service qu'on lui demande, de sorte qu'elle ne puisse jamais fonctionner en cavitation.

## **2) Précautions à prendre dans l'étude de l'installation :**

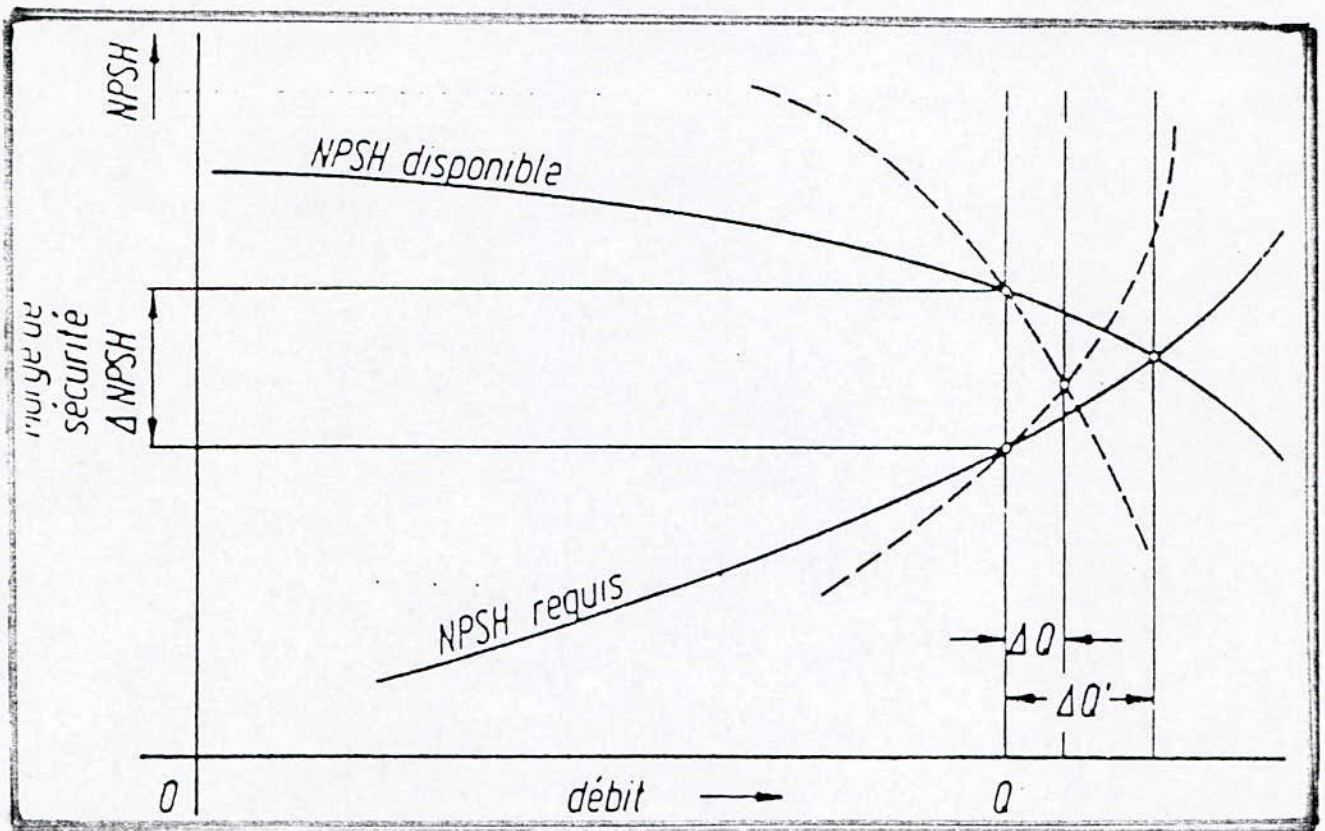
De nombreux paramètres interviennent dans le calcul du  $NPSH_{\text{disponible}}$  dans l'installation : la pression régnant dans le bassin d'aspiration, la pression atmosphérique, la tension de vapeur du liquide pompé, la hauteur géométrique, les pertes de charge à l'aspiration. ceux-ci sont rarement immuables et ne sont pas toujours connus avec précision. Ainsi les pertes de charge dépendent des caractéristiques de la tuyauterie (longueur, diamètre, rugosité, coudes, filtre, etc...), du débit et de la viscosité du liquide.

La tension de vapeur et la viscosité varient avec la température.

Quant à la pompe, le  $NPSH_{\text{requis}}$  dépend de sa vitesse d'emploi, qui est très souvent mais pas toujours fixe et de son débit.

Dans une étude, il convient de prendre les précautions suivantes :

- établir le tracé et le détail du système d'aspiration en respectant les règles de l'art. Dans le cas de station comportant plusieurs pompes en parallèles, veiller à ce que la répartition du liquide entre celles-ci soit bonne.
- à noter en particulier qu'une surestimation des pertes de charge au refoulement conduira à un débit réel supérieur au débit d'étude, et donc à une sous-évaluation du  $NPSH_{\text{requis}}$ , et d'une surévaluation du  $NPSH_{\text{disponible}}$ . La marge entre les deux se trouvera diminuée. Par contre à l'aspiration, une sous-estimation des pertes conduira à une diminution du  $NPSH$  réellement disponible par rapport à la valeur calculée, c'est-à-dire que des erreurs de sens opposés réduisent l'un et l'autre la marge de sécurité.
- à moins que la marge de sécurité ressortant de ce calcul soit très large, il faut tenir compte des inclinaisons des courbes de variation du  $NPSH_{\text{requis}}$  et du  $NPSH_{\text{disponible}}$  en fonction du débit, au-delà du débit d'étude afin d'apprécier si une augmentation de débit relativement faible risque de faire disparaître la marge de sécurité (voir graphe ci-après)
- après avoir tenu compte de tous ces facteurs prévisibles, s'assurer qu'il reste néanmoins une marge positive suffisante entre le  $NPSH_{\text{disponible}}$  et le  $NPSH_{\text{requis}}$ , pour couvrir les facteurs imprévus (air en solution, filtre d'aspiration obstrué, etc...).
- finalement ne pas manquer de spécifier toutes les caractéristiques de l'installation qui seront à respecter lors de sa réalisation sous peine de s'éloigner des hypothèses de l'étude .



-Influence de l'inclinaison des courbes débit-NPSH sur la marge de sécurité-

### 3) Estimation et mesure du NPSH<sub>disponible</sub> :

#### a) NPSH<sub>disponible</sub> et NPSH<sub>requis</sub> :

Il faut distinguer :

- le NPSH<sub>requis</sub> qui est celui que demande le constructeur pour obtenir un bon fonctionnement de la pompe.
- le NPSH<sub>disponible</sub> qui résulte des conditions d'installation ou des essais.

Par définition, le NPSH<sub>disponible</sub> ou la hauteur de charge nette absolue à l'aspiration est la hauteur totale de charge à l'entrée de la pompe mesurée par rapport au plan de référence augmentée de la hauteur correspondant à la pression atmosphérique et diminuée de la hauteur correspondant à la tension de vapeur.

$$NPSH = H_1 + (P_b - P_v) / \rho g$$

$H_1$  : hauteur totale de charge à l'aspiration.

$P_b$  : pression atmosphérique.

$P_v$  : tension de vapeur du liquide pompé à l'entrée de la pompe.

$\rho$  : masse volumique du liquide pompé.

$g$  : accélération de la pesanteur.

$H_1$  est la hauteur totale de charge à l'entrée de la pompe, hauteur qui est définie par l'équation de BERNOULLI :

$$H_1 = Z_1 + P_1/\rho g + V_1^2/2g$$

$Z_1$  : cote du centre de la section de mesure par rapport au plan de référence.

$P_1$  : pression mesurée au centre de la section de mesure.

$V_1$  : vitesse dans la section de mesure.

On peut aussi déterminer la hauteur totale de charge à l'entrée de la pompe en mesurant la hauteur totale de charge en un autre point du circuit, par exemple sur la surface libre d'aspiration ( $H_0$ ) et en retranchant la perte de hauteur totale de charge  $J_1$  entre ce dernier point et le précédent.

$$H_1 = H_0 - J_1$$

$J_1$  : perte de charge à l'aspiration entre le niveau libre dans le bassin ou le réservoir d'aspiration et la bride de la pompe.

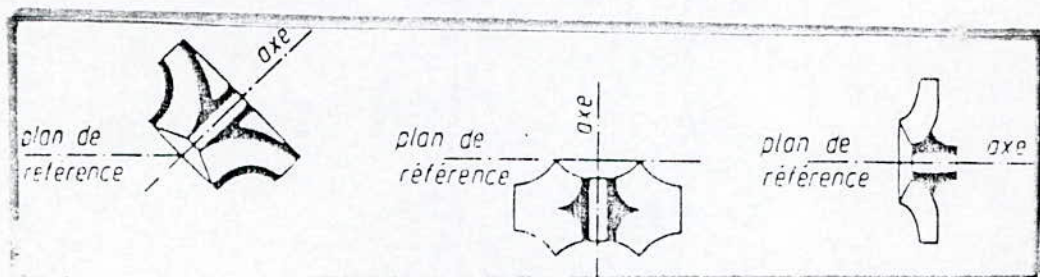
Les formules donnant le NPSH sont donc les suivantes :

$$NPSH = Z_1 + (P_1 + P_b - P_v)/\rho g + V_1^2/2g \quad (\text{cas d'un essai})$$

$$NPSH = Z_0 + (P_0 + P_b - P_v)/\rho g - J_1 \quad (\text{cas de l'étude d'un projet})$$

Toutes les hauteurs et le NPSH lui-même sont mesurés par rapport à un plan de référence horizontal qui est défini comme suit : le plan de référence est le plan horizontal passant par le centre du cercle décrit par un point extérieur de l'arête d'entrée des pales ; s'il s'agit de pompes à double aspiration, on prendra le plan passant par le centre le plus élevé.

Il en résulte de cette définition que si l'axe de la pompe est horizontal, le plan de référence passe par cet axe.

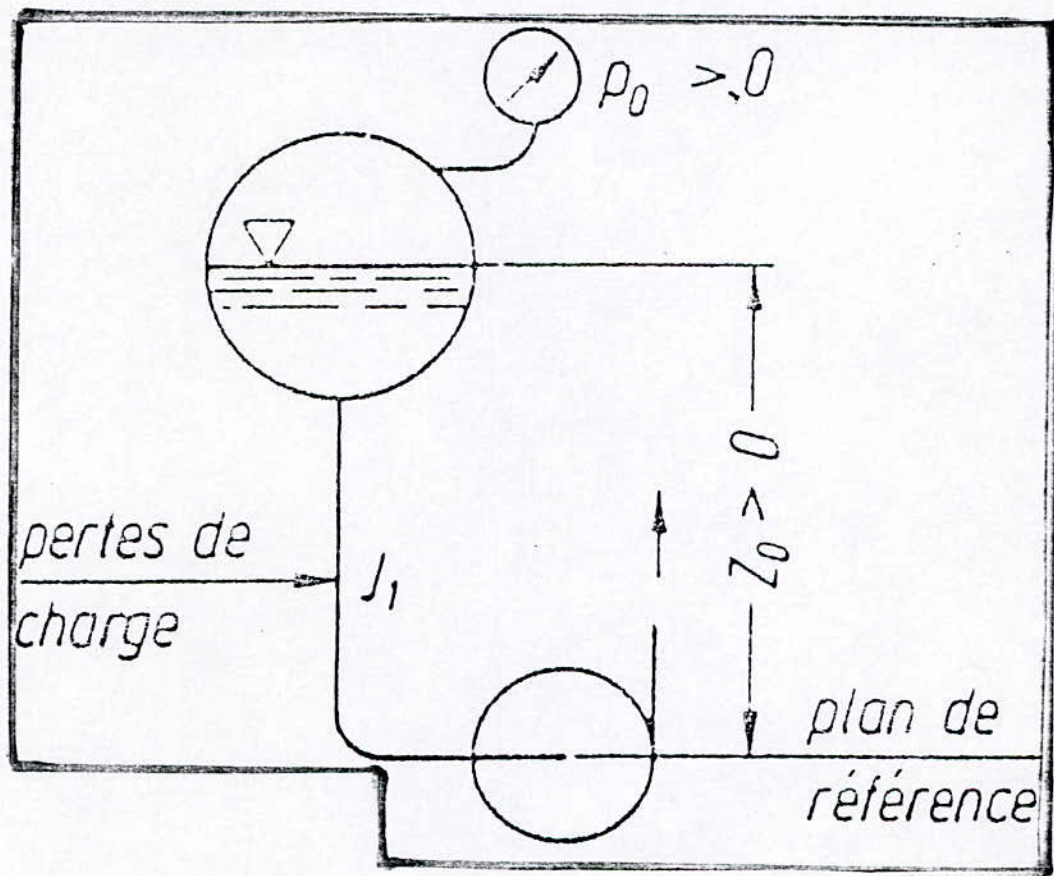


**b) Calcul du NPSH<sub>disponible</sub> dans le cas de l'étude d'un projet :**

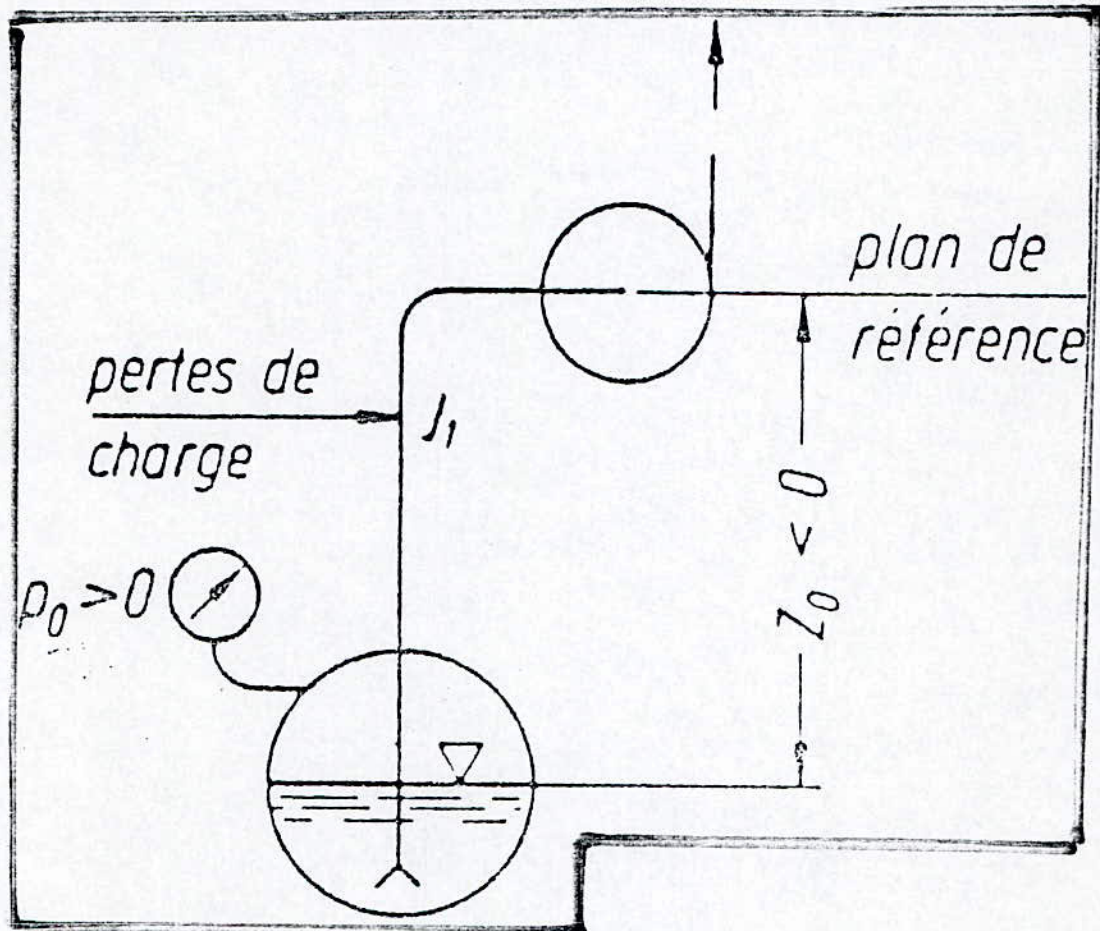
Les réservoirs sont dotés de soupapes, qui laissent pénétrer l'air lors d'un éventuel réchauffement des liquides contenus dans ceux-ci.

Trois cas se présentent alors :

- liquide soumis à la pression atmosphérique et pompe plus basse que le niveau du liquide :  $NPSH = Z_0 + (P_0 + P_b - P_v) / \rho g - J$

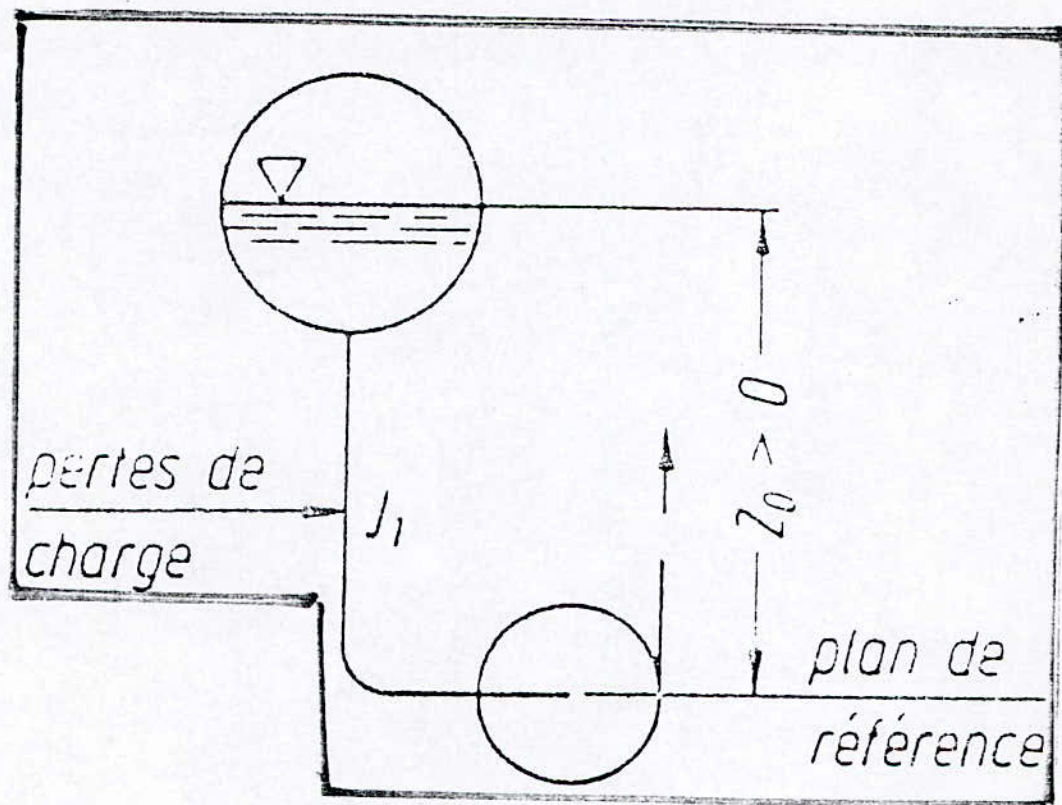


- liquide soumis à la pression atmosphérique et pompe plus haute que le niveau du liquide :  $NPSH = Z_0 + (P_0 + P_b - P_v) / \rho g - J_1$





- liquide soumis à la tension de vapeur :  $NPSH = Z_0 - J_1$   
On remarque que le NPSH devient indépendant de la tension de vapeur du liquide et de sa température, à condition qu'il n'y ait pas de différence de température du liquide entre le réservoir et la pompe.  
Dans le cas où la perte de charge est négligeable, le NPSH est égal à la hauteur de charge géométrique.



POMPES

On appelle pompes, les machines qui réalisent l'écoulement d'un liquide en utilisant une certaine quantité d'énergie mécanique fournie par un moteur. Cette dépense d'énergie est nécessaire parce que l'écoulement a lieu dans le sens des pressions croissantes ; la pompe doit, par conséquent vaincre une certaine résistance dont la nature varie suivant l'utilisation de l'appareil. Cette résistance à l'écoulement se trouve accrue par suite de pertes de charge subies par le liquide dans les conduites, particulièrement lorsque celles-ci comportent des changements de direction ou de section.

D'une manière générale, les différents types de pompes peuvent être divisés en deux classes :

- les pompes volumétriques.
- les turbopompes.

### 1) Relations générales :

La détermination des dimensions d'une pompe et de la puissance qu'elle absorbe, exige la connaissance de toutes les grandeurs qui interviennent dans la définition des conditions de fonctionnement.

Les critères les plus importants des pompes sont :

#### a) La vitesse de rotation :

La vitesse de rotation est le nombre de tours, qu'effectue la pompe par unité de temps. Cette vitesse est notée **N** ; l'unité de mesure la plus utilisée est le tour par minute (tr/mn).

Le déplacement angulaire  $\omega$  qu'effectue une pompe pendant l'unité de temps s'appelle vitesse angulaire.

#### b) Le débit d'une pompe :

Le débit, noté **Q**, est le volume qu'une pompe peut ou doit fournir par unité de temps.

#### c) La hauteur produite par la pompe :

La hauteur produite par la pompe, notée **H**, est la différence entre la hauteur totale du liquide au refoulement **H<sub>r</sub>** et la hauteur totale à l'aspiration **H<sub>a</sub>**.

D'après le théorème de Bernoulli, on a :

$$H_a = P_a/\rho g + Z_a + \alpha_a V_a^2/2g$$

$$H_r = P_r/\rho g + Z_r + \alpha_r V_r^2/2g$$

$$H = H_r - H_a$$

Comme  $Z_a=Z_r$  et les hauteurs dues à la vitesse sont négligeables devant celles des pressions :

$$H = (P_r - P_a)/\rho g$$

La hauteur **H** créée par une pompe est fonction de la vitesse de rotation (**N**) et du débit (**Q**). La fonction **H(Q)** pour une vitesse de rotation **N** constante donnée est appelée caractéristique de la pompe.

#### **d) Les puissances (utile et absorbée) :**

La puissance disponible au niveau de l'arbre d'entraînement de la roue de la pompe est la puissance absorbée  $P_a$  de cette pompe. cette puissance est exactement la puissance utile du moteur d'entraînement de la pompe.

La puissance transmise au fluide et ce de la part de la pompe est appelée puissance hydraulique utile  $P_u = \rho gQH$ .

Le rapport de la puissance utile  $P_u$  à la puissance absorbée  $P_a$  est rendement de la pompe  $\eta$ .

#### **2) Pompes volumétriques :**

on appelle pompes volumétriques, les appareils dans lesquels l'écoulement du liquide est réalisé grâce à la variation du volume d'une ou de plusieurs capacités.

Le volume est aspiré par la pompe lors de l'accroissement du volume de la capacité variable et il est refoulé lors de sa diminution. La liaison entre les capacités variables et les tubulures d'aspiration et de refoulement est le plus souvent assurée par des soupapes ; celles-ci sont dites automatiques lorsque leur ouverture et leur fermeture ont lieu sous l'effet de la variation de la pression du liquide et ne sont pas dues à l'action d'un organe de réglage.

Le volume de liquide aspiré par cycle est théoriquement égal au volume engendré, c'est-à-dire à la différence entre le volume maximal et le volume minimal de la capacité variable.

En réalité, par suite des jeux in évitables et des fuites internes qui en résultent, le volume réellement aspiré est inférieur au volume engendré ; le rapport entre le premier de ces volumes et le second constitue le rendement volumétrique de la pompe.

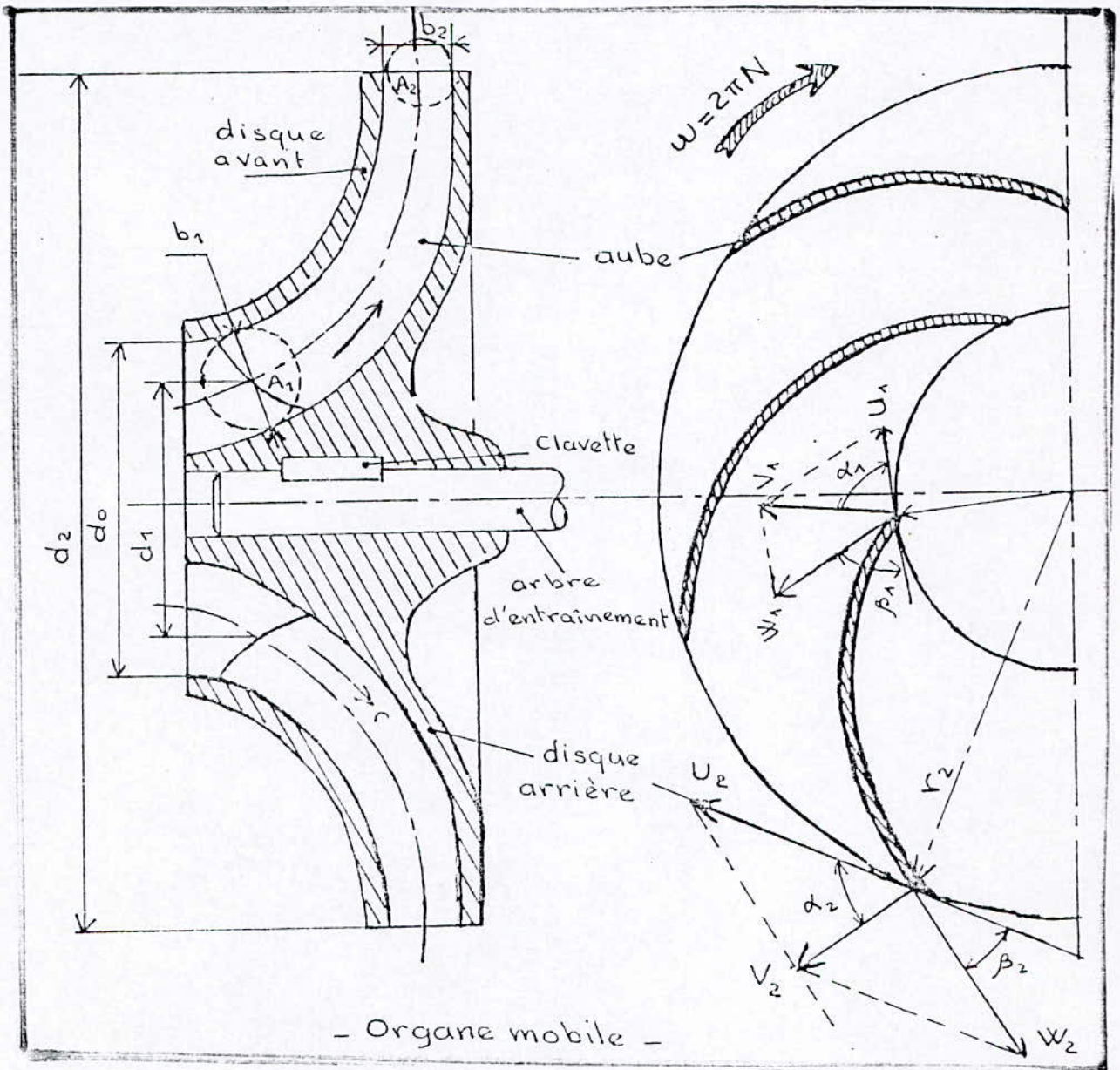
Dans une pompe volumétrique, la variation de volume est due au mouvement d'un organe commandé mécaniquement, et c'est la nature de ce mouvement qui sert de base à la classification de ce type de pompes :

- les pompes à mouvement alternatif rectiligne : cette catégorie comprend les pompes à un ou à plusieurs pistons, ainsi que les pompes à membrane.
- les pompes volumétriques à mouvement rotatif : cette catégorie comprend les pompes à capacité variable qui comportent un, deux ou même trois axes de rotation et dont les organes mobiles sont soumis, soit à un mouvement de rotation continu seulement, soit à la fois à un mouvement de rotation et à un mouvement rectiligne alternatif.

#### **3) Pompes centrifuges :**

Une pompe centrifuge se compose essentiellement :

- d'un organe mobile (1) appelé roue, impulseur, turbine ou rotor.
- des organes fixes : diffuseur, bêche spirale, canaux de retour.



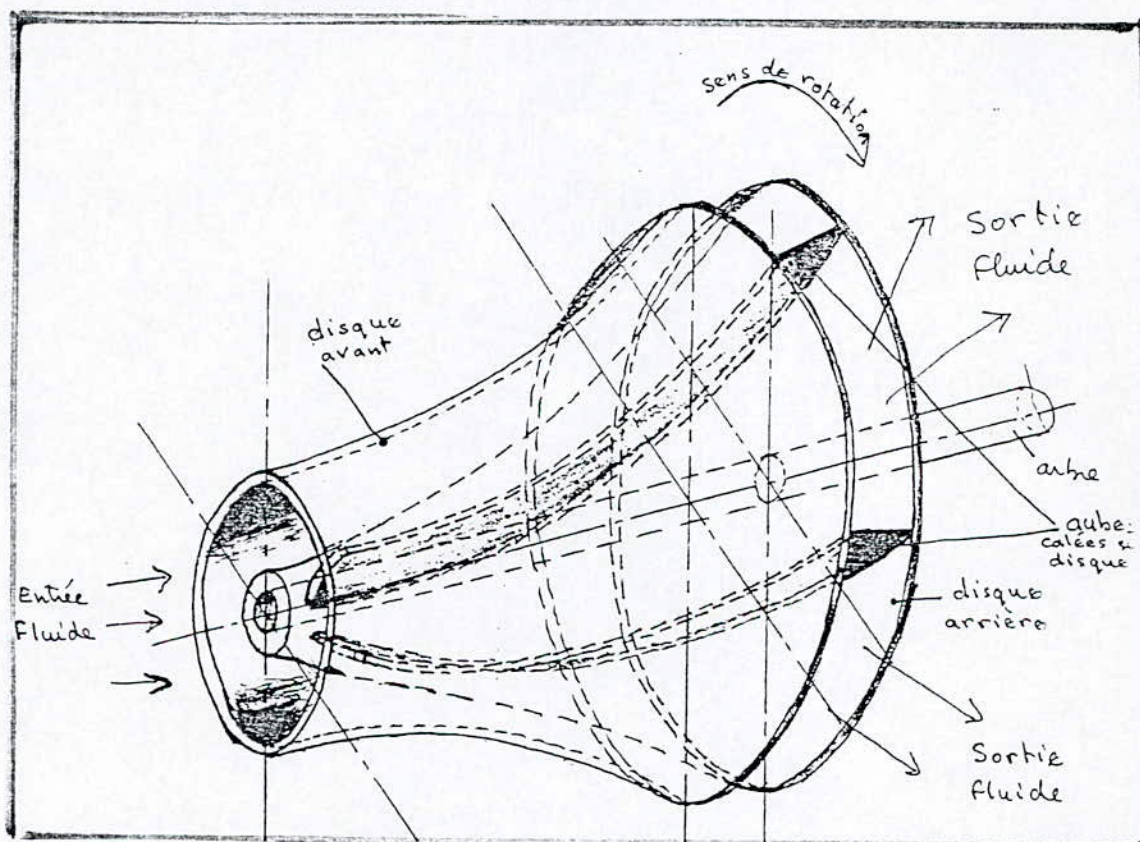
- $r_1$  et  $r_2$  : rayons à l'entrée et à la sortie de la roue.
- $b_1$  et  $b_2$  : largeur à l'entrée et à la sortie de la roue.
- $u_1$  et  $u_2$  : vitesse d'entraînement à l'entrée et à la sortie de la roue.
- $w_1$  et  $w_2$  : vitesse relative du liquide à l'entrée et à la sortie de la roue.
- $v_1$  et  $v_2$  : vitesse absolue du liquide à l'entrée et à la sortie de la roue.
- $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  : angles des vitesses absolues à l'entrée et à la sortie de la roue.
- $\beta_1$  et  $\beta_2$  : angles des vitesses relatives à l'entrée et à la sortie de la roue.

Le principe de fonctionnement de ce type de pompe, est le suivant :

- la roue étant noyée par le liquide et tournant à très grande vitesse rejette le liquide vers le diffuseur (à cause de la force centrifuge).
- le liquide compris entre les aubes étant rejeté, aspire automatiquement les particules fluides, qui s'y trouvent à l'aspiration et ainsi de suite.

La roue d'une pompe centrifuge est constituée de deux disques (appelés aussi flasques), qui sont reliés entre eux par un certain nombre d'aubes.

L'un des deux flasques est calé sur l'arbre par l'intermédiaire d'un moyeu ; l'autre flasque possède en son centre un orifice appelé ouïe, dont l'axe est confondu avec l'axe de la rotation de la roue, et qui doit permettre le passage du liquide.



## LA CAVITATION

### **1) Phénomène de cavitation :**

La cavitation est un phénomène provoqué dans la région d'écoulement d'un liquide par l'abaissement de la pression en-dessous de la valeur critique, proche de la tension de vapeur; il consiste dans la formation de cavités remplies d'air ou de gaz dans la région à pression la plus basse, et dans leur écrasement dans la région à pression plus élevée.

L'allure du phénomène de cavitation est la suivante : les bulles de vapeur-gaz se forment dans les régions basse pression, entraînées par le liquide dans la région de pression supérieure, elles subissent une implosion. On admet que la formation de bulles cavitationnelles se produit lorsque pression locale ( $P$ ) dans le liquide baisse jusqu'à une valeur égale à la pression de saturation (tension maximale de vapeur) ( $P_v$ ) du liquide à la température donnée.

En réalité, la cavitation se manifeste à la pression critique ( $P_{cav}$ ) qui diffère plus ou moins de la pression de saturation ( $P_v$ ).

La différence entre les pressions ( $P_{cav}$ ) et ( $P_v$ ) dépend de la nature, de l'état et du degré de pureté du liquide.

La formation, la croissance et l'écrasement des bulles cavitationnelles sont accompagnés de phénomènes dérivés : mécaniques, acoustiques et thermodynamiques.

Pendant l'implosion, qui consiste dans la rapide disparition des bulles cavitationnelles ( $t < 0.001s$ ), la pression peut atteindre même  $3500kgf/cm^2$ .

Etant donné que l'implosion des bulles se reproduit à une fréquence élevée, les surfaces des solides exposées à la cavitation sont soumises à l'action d'ondes de pression de haute fréquence. La destruction des surfaces attaquées par ces ondes revêt un caractère particulier, différent des effets de la corrosion ou de l'érosion.

### **2) Méthodes et dispositifs d'essais de cavitation :**

L'étude des effets destructifs de la cavitation s'effectue au moyen des méthodes suivantes :

- méthode de magnétostriction.
- méthode aérodynamique.
- méthode du disque tournant.
- méthode du jet d'impact.

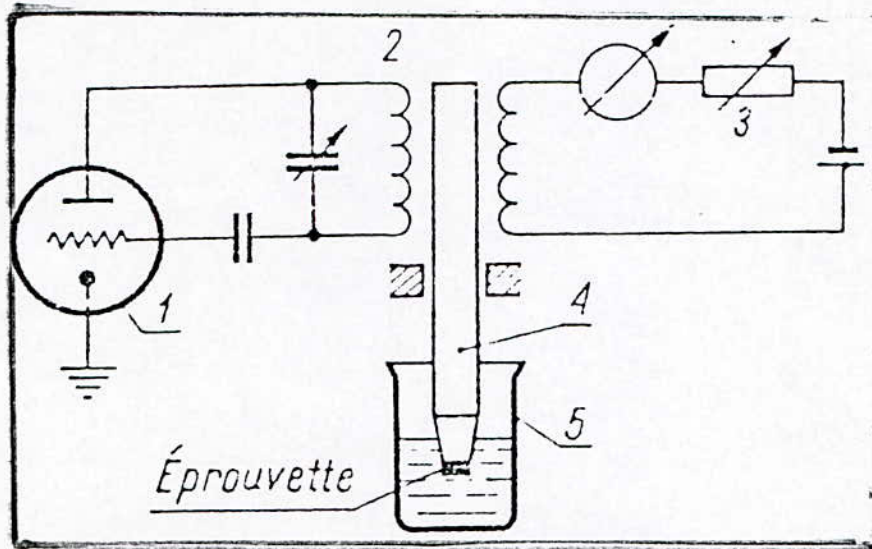
Ces méthodes permettent l'évaluation quantitative de l'intensité de la cavitation qui a pour mesure la puissance absorbée par l'unité de champ du matériau soumis à l'action destructrice de la cavitation. On calcule cette puissance en multipliant la profondeur de la perte de matériau causée par l'érosion cavitationnelle en l'unité de temps, par l'énergie de déformation due à la distorsion du matériau.

#### **a) Méthode de magnétostriction :**

Les essais magnétostrictifs de l'action destructrice de la cavitation consistent à soumettre l'éprouvette à des vibrations de haute fréquence sous l'influence d'un champ magnétique alternatif de haute fréquence. Les vibrations de l'éprouvette suscitent des pressions dynamiques alternatives qui engendrent la formation, la croissance et l'implosion de bulles de vapeur du liquide dans lequel l'éprouvette est immergée. Le phénomène de cavitation ainsi provoqué artificiellement a une allure



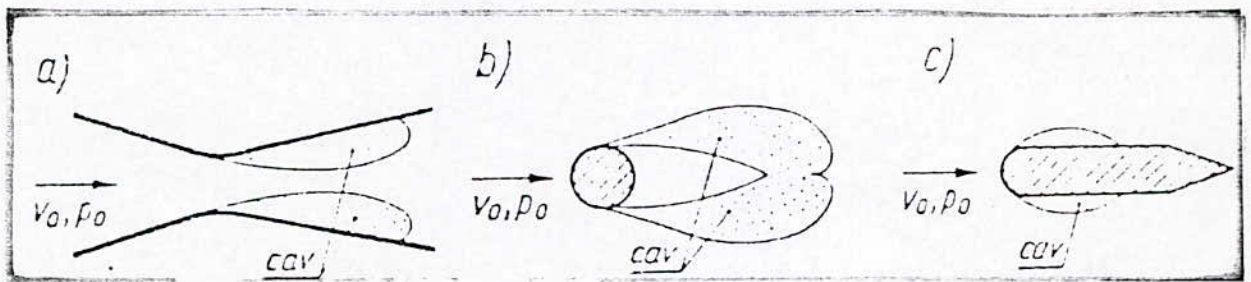
proche de la cavitation qui se manifeste dans les machines hydrauliques. Cette circonstance explique la généralisation des essais magnétostictifs dans la pratique. La figure ci-après représente le schéma d'un dispositif magnétostictif.



La bobine (2) excite dans le tube (4) des vibrations longitudinales de grandes amplitude et fréquence (entre 6000 et 10000Hz) ; les accélérations du tube sont de ce fait si fortes (jusqu'à 15000g) que le phénomène de cavitation se produit à la surface de l'éprouvette fixée à l'extrémité du tube et y provoque des destructions cavitationnelles. La cavitation se manifeste par un nuage de bulles sous l'éprouvette attaquée et par des piqûres superficielles.

#### b) Méthode aérodynamique :

Les essais de cavitation au moyen de dispositifs aérodynamiques consistent dans l'observation du phénomène de cavitation à travers un tube de Venturi (a), dans l'écoulement autour d'un cylindre à l'axe perpendiculaire au sens de l'écoulement (b) ou autour d'un corps à l'axe conforme au sens de l'écoulement (c).



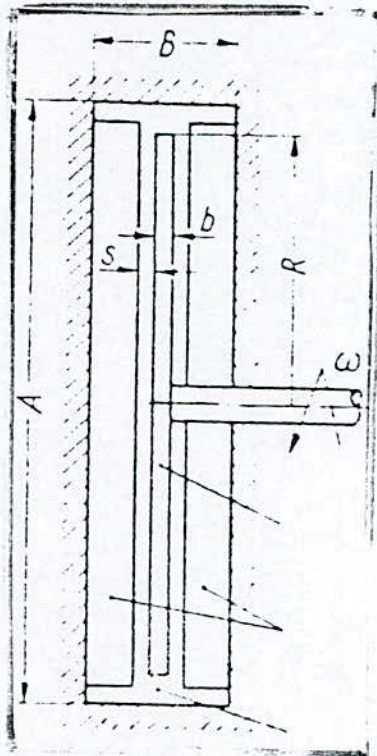
Dans le tube de Venturi, les zones de cavitation apparaissent au passage de la section rétrécie dans le diffuseur (a), tandis que dans les corps placés dans l'écoulement, ces zones se forment dans le sillage aérodynamique (b) ou directement derrière la surface d'attaque.

**c) Méthode du disque tournant :**

Les dispositifs à disque tournant trouvent des applications de plus en plus larges, étant donné qu'ils produisent un champ du courant proche des conditions réelles d'écoulement dans les turbomachines hydrauliques.

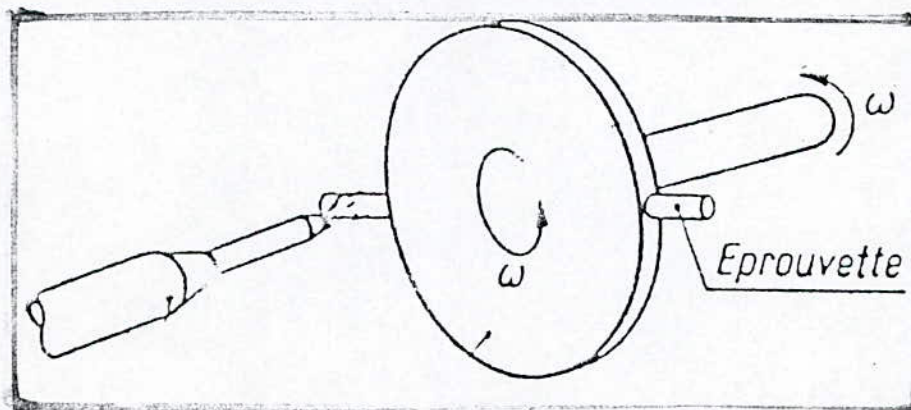
L'élément mobile de l'appareil est le disque de diamètre  $D=2R$  et de largeur  $b$ . ce disque tourne dans une enveloppe cylindrique de diamètre  $A$  et de largeur  $B$ , remplie de liquide. Entre le disque et l'enveloppe il y a un jeu de largeur  $s$  où les forces d'adhésion produisent la formation d'un noyau de liquide qui tourne avec le disque.

La cavitation peut y être provoquée et développée par un creux ou orifice quelconque dans le disque.



**d) Méthode du jet d'impact :**

La méthode d'évaluation quantitative de l'intensité de la cavitation par jet d'impact consiste dans la mesure des pertes massiques d'éprouvettes fixées sur un disque tournant et périodiquement soumises à l'action d'un jet de liquide sortant d'un gicieur.



### **3) Méthode de prévention de la cavitation :**

Les moyens de prévenir la cavitation se divisent en trois (03) groupes :

#### **a) Moyens constructifs :**

Parmi les moyens constructifs les plus fréquemment employés, il faut citer :

- l'application d'une pompe avec roue à deux (02) ouïes, de façon à réduire le débit de chacune des deux parties de la roue.
- le recours à la prérotation de liquide dans le même sens que la rotation de la roue, ce qui diminue le danger de cavitation et augmente l'aptitude d'aspiration.
- l'emploi de roues avec ouïes de largeur accrue et courbure progressive du flasque avant.
- l'application d'une roue surpresseuse avant l'ouïe de la roue de la pompe centrifuge.

#### **b) Indications d'installation et de fonctionnement :**

Les indications suivantes sont à noter :

- installer la pompe de manière à ce que la hauteur géodésique (géométrique) d'aspiration soit la plus faible possible.
- assurer une charge à l'aspiration convenable dans les pompes à liquides surchauffés.
- assurer des conditions de fonctionnements correspondant au rendement maximum de la pompe.

#### **c) Utilisation des matériaux résistant à l'action de la cavitation :**

Plusieurs facteurs exercent une influence sur la résistance des matériaux à l'action destructrice de la cavitation :

- composition chimique.
- dureté.
- mode de fabrication (moulage ; laminage ; forgeage).
- traitement thermique.
- traitement mécanique.
- fini de surface.

Les métaux exposés à la cavitation se comportent de la même manière que dans le cas de la corrosion. En particulier, les surfaces des métaux étirés sont plus résistantes que celles des métaux coulés, les surfaces lisses résistent mieux que les rugueuses. Tous les défauts de surfaces accélèrent la destruction du matériau. Le durcissement superficiel augmente la résistance à la cavitation.

Les éléments de machines hydrauliques particulièrement exposés à l'action destructrices de la cavitation seront de préférence exécutés en matériaux tels que les bronzes, l'acier inoxydable avec addition de chrome et de nickel ou l'acier de moulage inoxydable avec les mêmes additions.

## CHAPITRE 4

### EXTRAIT DES REGLES D'AMENAGEMENT INTERIEUR DE DEPOTS

Comme je l'ai dit, lors de la présentation de l'UND d'Alger, certaines capacités de stockage ont fait l'objet d'un arrêt, ou même d'une réforme, vu que ces dernières ne répondent plus aux règles strictes d'exploitation.

Lors de toute étude de conception et d'aménagement de dépôt d'hydrocarbures, sont prises en considération des règles prédéterminées.

Nous mentionnerons, ci-dessous, une partie de ces règles sous forme d'articles.

A titre d'information, il existe quatre vingt quatre (84) articles, qui traitent chaque infrastructure d'un dépôt, ce qui nous donne une idée à l'attention accordée à la construction de celui-ci.

## Introduction

**Article premier :** Objet du règlement.

Le présent règlement a pour objet de définir les règles d'aménagement et de construction des dépôts.

Il s'applique non seulement aux dépôts d'hydrocarbures proprement dits, mais également à ceux destinés au stockage des liquides inflammables rangés dans les mêmes catégories qu'eux, par la nomenclature dressée en exécution de l'article 5 de la loi du 19 décembre 1917.

---

**Article 2 :** Classement des hydrocarbures.

En raison des dangers variables qu'ils présentent, les hydrocarbures sont classés en :

- Catégorie **A** : Hydrocarbures liquéfiés dont la tension de vapeur est supérieure à 1 hpz à 0°C.

Les hydrocarbures gazeux comprimés leur sont assimilés.

- Catégorie **B** : Hydrocarbures dont le point d'inflammabilité est inférieur à 55°C.

- Catégorie **C** : Hydrocarbures dont le point d'inflammabilité est compris entre 55 et 100°C.

- Catégorie **D** : Hydrocarbures dont le point d'inflammabilité est supérieur à 100°C.
- 

**Article 3 :** Limites d'application du règlement.

Ce règlement ne vise pas :

- Les parties des usines de traitement et des raffineries affectées au stockage des produits intermédiaires ou à la fabrication. De plus, les stockages de produits bruts ou finis situés dans une enceinte contenant des appareils de fabrication ne sont soumis aux présentes prescriptions qu'en ce qui concerne la disposition intérieurs de ces stockages, à l'exclusion des conditions de voisinage dans l'étendue de cette enceinte.

- Les dépôts contenant des hydrocarbures de la catégorie A et les dépôts contenant uniquement des hydrocarbures de la catégorie D.
-

**Article 4 : Dérogation.**

Des constructions ou dispositifs dérogeant aux prescriptions du présent règlement, et notamment ceux offrant des garanties de sécurité au moins équivalentes à celles qu'il prévoit, pourront être autorisés sur avis de la Commission interministérielle des dépôts d'hydrocarbures.

---

**Article 5 : Prescriptions complémentaires.**

Le présent règlement ne fait pas obstacle aux prescriptions prévues par d'autres textes pour certains équipements, tels que réservoirs sous pression...

---

## Chapitre 1 : Définitions

### Paragraphe 1 : Emplacement d'hydrocarbures.

---

**Article 122 : Groupe de réservoirs.**

- Un "groupe" de réservoirs ne doit contenir que des réservoirs d'hydrocarbures ou des gazomètres, ces derniers étant pris en compte pour leur volume gazeux maximal. Sa capacité sera au plus égale à 30 000 m<sup>3</sup>.
  - Ce chiffre ne pourra être augmenté sur justifications techniques que lorsqu'il s'agira d'installations capables de recevoir directement ou par pipe-line et relais, des tank-steamers d'au moins 15 000 tonnes de port en lourd, ou qui comprennent des réservoirs d'au moins 15 000 m<sup>3</sup> de capacité unitaire.
  - Pour les stockages situés dans une enceinte de raffinerie, la capacité maximale du groupe est portée à une capacité de 60 000 m<sup>3</sup>.
- 

**Article 123 : Cuvettes de rétention.**

Tout réservoir aérien doit être dans une cuvette ; celle-ci ne peut être affectée qu'à des réservoirs appartenant à un même "groupe réservoirs", et ne peut comprendre d'autres emplacements.

A un même "groupe réservoirs" peuvent être affectés plusieurs cuvettes. Lorsqu'il y a plusieurs réservoirs dans une même cuvette, il est recommandé de séparer ceux-ci par des levées de terre ou murettes d'environ 0.25 m de hauteur.

Une cuvette de rétention est une capacité constituée en déblais ou en remblais par des parois en terre, en métal ou en maçonnerie, et destinée à recevoir les hydrocarbures s'écoulant accidentellement des réservoirs. Elle doit pouvoir contenir au moins le plus grand des deux volumes ci-après :

- 100% de la capacité du plus grand des réservoirs qu'elle contient.
- 50% de la capacité globale des réservoirs contenus.

Les cuvettes qui contiennent plusieurs réservoirs, doivent être divisées en compartiments dont le nombre est déterminé en fonction de la capacité totale V des réservoirs.

Dans le cas où cette capacité est inférieure à 80 000 m<sup>3</sup>, on a :

CAPACITES (m <sup>3</sup> )	Nombre de Compartiments
$V < 10\ 000$	2
$10\ 000 \leq V < 20\ 000$	3
$20\ 000 \leq V < 80\ 000$	4

## Chapitre 2 : Règles d'implantation

### Paragraphe 1 : Distances entre éléments du dépôt.

#### **Article 212 : Autres éléments.**

Les distances minimales à respecter entre les éléments autres que ceux visés aux articles précédents sont donnés par le tableau suivant.

Ces distances pour les réservoirs sont établies en fonction du diamètre caractéristique D des réservoirs considérés, avec des minima et des maxima.

Les distances à retenir seront déterminées en fonction de l'installation la plus dangereuse, se trouvant dans l'un ou l'autre des éléments considérés.

	Catégorie B	Catégorie C et D
1) Dans un même groupe de réservoirs :		
- entre parois de réservoirs :		
* aériens de 10 à 100 m <sup>3</sup> .	0.50m	0.50m
* aériens ou enterrés de 100 à 3000 m <sup>3</sup> .	$1m \leq D/6 \leq 5m$	$1m \leq D/6 \leq 5m$
* aériens ou enterrés de plus de 3000 m <sup>3</sup> .	$3m \leq D/6 \leq 5m$	$3m \leq D/6 \leq 5m$
- entre parois de réservoirs de plus de 60 m <sup>3</sup> et parois de constructions et excavations qui l'entourent (1).	1.00m	1.00m
2) Entre parois de réservoirs situés dans deux groupes distincts.		
- si l'un des réservoir est aérien :	20.00m	10.00m
- si les deux réservoirs sont enterrés :	10.00m	10.00m
- si tous les réservoirs des deux groupes peuvent être couvert simultanément de mousse :	10.00m	10.00m

(1) : pour les bacs supérieurs à 3 000m<sup>3</sup>, une distance doit être prévue permettant la construction éventuelle de murs de protection latérale.

Ces distances doivent être majorées de 50%, si un au moins des deux groupes considérés dépasse, par le bénéfice du deuxième ou du troisième de l'article 122, la capacité de 30 000m<sup>3</sup>.

## Chapitre 3 : Règles de construction

### Paragraphe 1 : Installations pour stockage de vrac.

---

#### **Article 301 : Réservoirs.**

Sauf prescriptions spéciales prévues à l'article 5 :

- Les réservoirs font l'objet d'une note de calcul tenant compte des conditions ci-après :
  - \* remplissage à l'eau ;
  - \* pression et dépression de service conformément aux normes en vigueur ;
  - \* surcharge uniforme de 50kg/m<sup>2</sup> et surcharge mobile de 500kg répartie sur un mètre carré ; en outre, pour les réservoirs enterrés, poids des véhicules susceptibles de passer au-dessus des réservoirs ;
  - \* effet horizontal du vent de 150kg/m<sup>2</sup> ;
  - \* réaction du sol, pression des nappes aquifères ;
  - \* taux de travail des enveloppes métalliques inférieures à 40% de la résistance à la rupture et à 80% de la limite élastique ;
  - \* réserves éventuelles d'épaisseur pour les récipients destinés à contenir des produits corrosifs.

Cette note fera ressortir le mode de construction.

Les réservoirs subiront successivement :

- \* un essai de résistance, par le remplissage à l'eau avec une hauteur supérieure de 0.10m à la hauteur de service et application de la surpression maximale prévue ;
- \* un essai d'étanchéité par remplissage à l'hydrocarbure sous la surpression maximale.

L'équipement des réservoirs doit présenter des qualités mécaniques homogènes avec celles du réservoir proprement dit et être conçu pour éviter les efforts secondaires importants en cas de dilatation, tassement du sol, etc. ; en particulier, il ne doit exister aucune pièce démontable entre le réservoir et les vannes d'arrêt. ces dernières doivent être manœuvrables de l'extérieur pour les capacités enterrées ou souterraines.

- Les systèmes de respiration autonomes ou groupant plusieurs réservoirs doivent comporter :

- \* un dispositif maintenant les surpressions ou dépressions prévues ;
- \* un anti-flamme à chaque réservoir et, s'il y a lieu, au débouché du collecteur à l'air libre ;
- \* des purgeurs permettant une vidange régulière si les hydrocarbures liquides peuvent s'accumuler.

les ouvertures pour jaugeage des réservoirs de stockage prévus pour travailler à une pression de gaz supérieure à 60g/cm<sup>2</sup> doivent être munies de dispositifs spéciaux permettant d'éviter le dégagement des gaz pendant le jaugeage.

---

#### **Article 306 : Protection diverses.**

Toute parties métalliques des réservoirs et canalisations d'hydrocarbures doivent être protégées contre la corrosion extérieure.



Une protection spéciale devra être réalisée contre les décharges électriques, notamment par la mise au même potentiel des masses métalliques voisines et la mise à la terre des différents éléments. Les circuits de protection contre la foudre seront autonomes ; dans la mesure du possible, la haute tension fera l'objet également d'une protection autonome.

Des mesures spéciales seront prises pour que les manœuvres normales n'entraînent pas la mise en contact de parties métalliques, qui n'aient été contactées électriquement au préalable, notamment lors de la liaison des engins de transport aux bouches de chargement ou de déchargement.

La résistance maximale des prises de terre sera adaptée aux installations à protéger ; elle ne devra en aucun cas dépasser 20 ohms.

---

#### **Paragraphe 4 : Sécurité et salubrité.**

---

##### **Article 332 : Matériel d'incendie.**

- Eau :

Il devra être possible de refroidir les parois des réservoirs non calorifugés par protection d'eau sur les surfaces réelles, correspondant à la surface fictive définie ci-après.

De plus, entre deux groupes de réservoirs, dont la distance entre unités les plus rapprochées est inférieure à une fois et demie le minimum imposé par l'article **212**, il devra être possible de réaliser un rideau d'eau. L'installation devra comporter des dispositifs fixes, tels que : lances Monitor, pulvérisateurs, etc., à moins que l'établissement ne dispose d'un véhicule muni de lances spéciales.

Le débit du réseau d'eau doit correspondre à 5 litres d'eau par minute et par mètre carré de la plus grande des surfaces fictives à protéger autour d'un réservoir quelconque supposé en feu. Toutefois, dans les dépôts ou fractions de dépôts exclusivement autorisés pour les produits des catégories C et D, ce minimum de 5l/mn/m<sup>2</sup> est ramené à 3l/mn/m<sup>2</sup>.

La surface fictive à protéger autour d'un réservoir correspond à la somme des projections des constructions ou parties de constructions situées à l'intérieur d'un cylindre vertical concentrique à ce réservoir, de rayon 2.50 R (avec minimum de R+15) sur la surface de ce cylindre. Les projections en question s'effectuent en faisant passer des droites horizontales par l'axe du cylindre et les contours extérieurs des éléments considérés.

Les dépôts qui ne disposent pas de grandes quantités d'eau à proximité ou d'une desserte suffisante par un service public, doivent constituer une réserve correspondant au moins à une heure et demie en plein débit.

---

## Chapitre 4 : Tuyauterie d'hydrocarbures et accessoires

### **Article 401 : Normes.**

Outre l'application éventuelle des dispositifs de l'arrêté ministériel du 15 janvier 1962, réglementant les canalisations d'usines, les tuyauteries, robinetteries, accessoires (soupapes, manomètre...) doivent être conformes aux normes françaises homologuées pour l'industrie du pétrole quand elles existent.

En l'absence de telles normes, l'utilisation de matériel conforme aux spécifications ASTM, API ou autres spécifications équivalentes est recommandée.

---

### **Article 402 : Tuyauterie en caniveaux.**

Les caniveaux dans lesquels sont posées les canalisations d'hydrocarbures, doivent être équipés à leurs extrémités et tout les 25 mètres au plus, de dispositifs appropriés s'opposant à l'écoulement des hydrocarbures.

Cette distance peut toutefois être portée à 100 mètres dans les parties de caniveaux disposés de telle façon que les liquides accidentellement déversés, ne puissent se répandre que vers des zones ne représentant pas de risque.

---

### **Article 403 : Supports.**

Les supports de tuyauteries sont réalisés en construction métalliques ou en maçonnerie. Ils sont disposés et conçus de telle sorte que :

- les contraintes mécaniques par flexion et par dilatation notamment, ne puissent compromettre la résistance des tuyauteries.
  - les corrosions extérieures des tuyauteries au contact des supports soient évitées ou puissent être facilement surveillées.
- 

### **Article 406 : Tuyauteries à l'intérieur des cuvettes.**

L'emploi pour les hydrocarbures de tuyauteries vissées d'un diamètre supérieur à 50mm, est interdit à l'intérieur des cuvettes de rétention lorsque le vissage n'est pas complété par un cordon de soudure.

La surpression dans les tuyauteries due à l'élévation de température susceptible d'être provoquée en particulier par un incendie, doit être évitée par des dispositifs de décompression.

Au passage des tuyauteries à travers les parois des cuvettes, l'étanchéité doit être assurée par des dispositifs résistants au feu.

La passage au travers des murs en béton doit permettre la libre dilatation des tuyauteries.

Celles-ci doivent sortir des cuvettes qu'elles desservent aussi directement que possible et ne doivent, en principe, traverser aucune autre cuvette. Une telle traversée est toutefois admise lorsque les vannes de pied de réservoirs sont disposées de telle sorte qu'en cas de feu dans l'une ou l'autre cuvette, celles des réservoirs de la cuvette non touchée par le feu puissent être accessibles pour leur manœuvre.

Aucune tuyauterie aérienne étrangère à l'établissement ne doit traverser de cuvette de rétention.

L'implantation des réservoirs est interdite au-dessus de toute tuyauterie ou canalisation électrique enterrée en service, étrangère à leur exploitation.

---

**Article 407** : Robinetterie d'hydrocarbures.

La robinetterie en fonte ordinaire (fonte à graphite sphéroïdal ; fonte austénitiques à graphite lamellaire ou à graphite sphéroïdal) est interdite sur les installations d'hydrocarbures.

En outre, pour le corps des éléments de robinetterie placés en position basse sur les réservoirs, le fer galvanisé, l'aluminium et ses alliages, les matières thermoplastiques sont interdits.

---

**Chapitre 6 : Règles particulières**

**Article 611** : Chargement et au déchargement des camions citernes.

Un conducteur souple terminé par une pince permet d'assurer la liaison électrique de l'ensemble du poste de chargement ou de déchargement avec la citerne.

Les véhicules doivent être munis au moins d'un bouton moleté en laiton, qui doit être placé à portée d'homme, horizontalement sur la citerne, et fixé de façon à assurer en permanence un bon contact électrique.

L'emplacement de ce bouton doit être choisi de telle manière qu'il soit facilement visible et accessible. Il doit être soigneusement dénudé, notamment après toute opération de peinture.

Pour le chargement, l'opérateur ou le chauffeur doit placer la pince sur le bouton avant l'ouverture des couvercles des dômes et tout branchement de tuyauterie.

La ou les citernes équipant le véhicule, doivent être reliées électriquement au châssis. De plus, les citernes amovibles doivent être connectées électriquement entre elles.

Le chauffeur doit amener son véhicule en position de chargement, l'avant tourné vers la sortie du poste, de telle sorte qu'il puisse repartir sans manœuvre. Il doit, dès la mise en place :

- \* serrer le frein à main ou immobiliser le véhicule à l'aide de cales facilement escamotables, placer le levier de vitesse au point mort ;
- \* arrêter le moteur du véhicule ;
- \* couper l'éclairage du véhicule et le circuit de batterie ;

- \* établir la liaison équipotentielle avec installation fixe puis, procéder aux opérations de chargement.

Qu'il s'agisse de plusieurs citernes amovibles ou d'une citerne à plusieurs compartiments, lors du chargement manuel par un seul opérateur, un seul couvercle de dôme doit être ouvert à la fois, les autres restant fermés. Toutefois, pour le chargement automatique, par compteurs à prédétermination par exemple, le chargement simultané de la totalité des compartiments est admis.

Pendant le chargement, il est interdit de procéder sur le véhicule ou sur son moteur à des interventions telles que nettoyage ou réparations.

La connexion établie entre la pince et le bouton moleté ne doit être interrompue que lorsque :

- \* les vannes du poste de chargement et les dômes du véhicule sont

fermés dans le cas de remplissage par le dôme ;  
\* toutes les opérations de débranchement sont effectuées et les bouchons de raccords du véhicule remis en place, dans le cas de remplissage en source.

---

**Article 612 :** Chargement et déchargement des wagons citernes.

Si l'embranchement est électrifié, le réseau de mise à terre des installations fixes du poste et celui de mise à la terre des rails, ne doivent être interconnectés par la fermeture de l'interrupteur qu'après coupure de courant de traction sur l'embranchement, et avant tout branchement de tuyauteries.

Inversement, l'ouverture de l'interrupteur doit suivre le débranchement des tuyauteries et procéder la fermeture du courant de traction de l'embranchement.

---

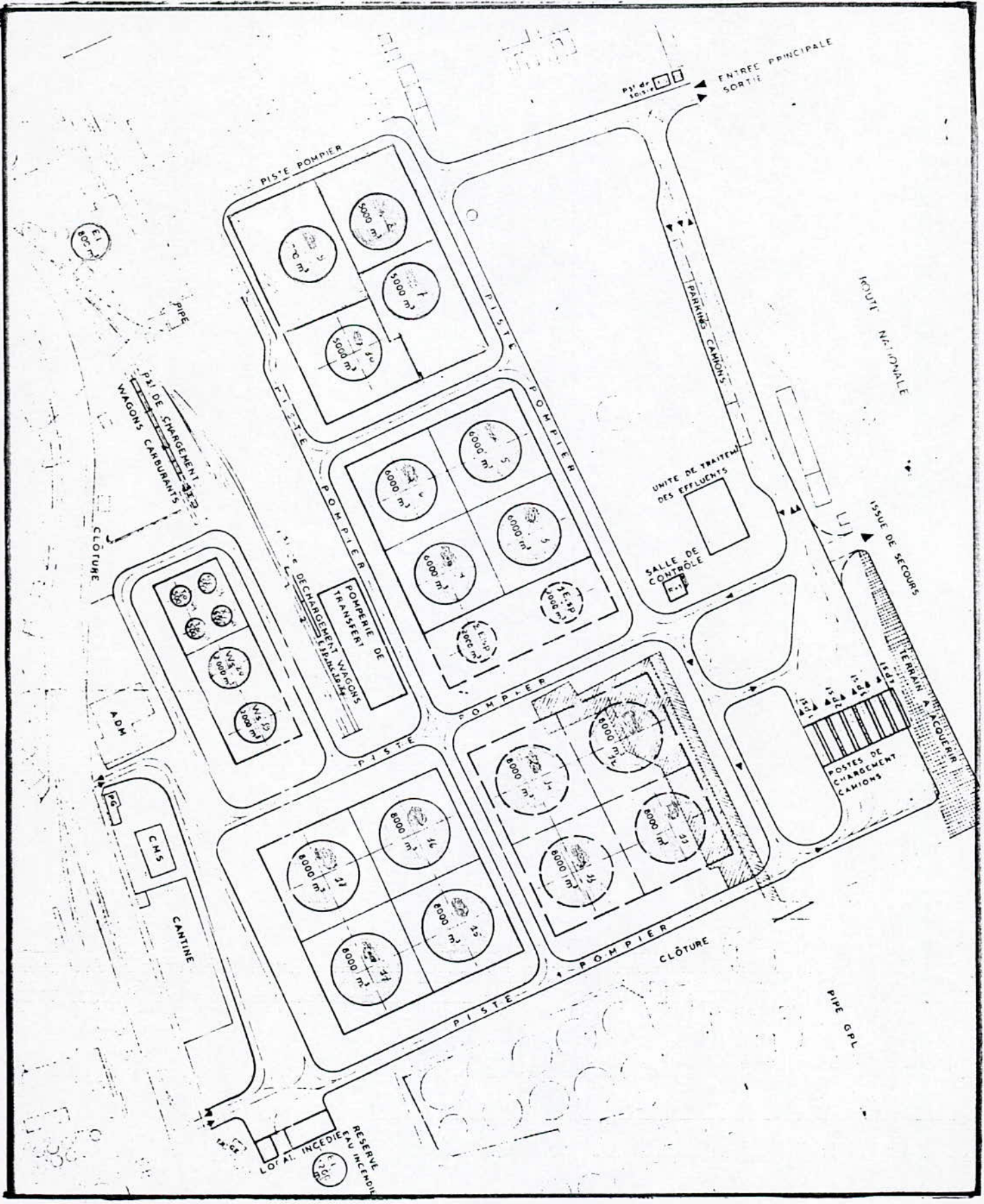
## CHAPITRE 5

### AMENAGEMENT DU DEPOT D'HYDROCARBURES

La vétusté des installations des dépôts de l'UND d'Alger (datent de 1930 et 1950) et la non conformité de celles-ci par rapport aux règles d'aménagement et de sécurité nous obligent à l'aménagement d'un nouveau dépôt.

Celui-ci doit :

- être conforme aux règles d'aménagements ;
- satisfaire la demande future ;
- permettre une compétitivité de l'entreprise (fiabilité et longévité des installations) .



### 1) Implantation :

L'aménagement d'un dépôt d'hydrocarbures s'effectue en tenant compte des règles d'implantation mentionnées antérieurement.

Ci-joint, le plan de masse.

Le dépôt est constitué de cinq cuvettes de rétention, d'après l'article 123 ces cuvettes doivent contenir au moins le plus grand des deux volumes ci-après :

Cuvette de rétention	100% réservoir le (+) grand (m <sup>3</sup> )	50% capacité globale (m <sup>3</sup> )	Capacité utile de la cuvette
01	6 000	14 000	14 000
02	5 000	10 000	10 000
03	8 000	16 000	16 000
04	8 000	16 000	16 000
05	2 000	3 000	3 000

Pour vérifier cela, il faut déterminer la surface et la hauteur de chaque cuvette, et ainsi calculer le volume :

Cuvette de Rétention	Surface (m <sup>2</sup> )	Hauteur (m)	Volume de la cuvette (m <sup>3</sup> )
01	7 000	2.20	15 400
02	6 500	2.20	14 300
03	7 300	2.20	16 060
04	7 300	2.20	16 060
05	2 200	2.20	4 840

Nous constatons que les cinq cuvettes peuvent contenir la capacité utile.

En vue de satisfaire les objectifs pour les horizons de l'an 2 000, le **service distribution** a fixé les capacités à 118 000 m<sup>3</sup>, réparties comme suit :

Carburants	108 000 m <sup>3</sup>
Essence sans plomb	4 000 m <sup>3</sup>
White-spirit	4 000 m <sup>3</sup>
Toluène	1 000 m <sup>3</sup>
Xylène	500 m <sup>3</sup>
Napht C	500 m <sup>3</sup>

Carburants : Gas-oil ; Supercarburant ; Essence ordinaire.

### 2) Approvisionnement du dépôt :

L'approvisionnement du dépôt d'hydrocarbures s'effectue par pipes d'un diamètre de huit (08) pouces (200 mm) ; à partir du port d'Alger (cabotage) ou de la R.A.I.G (pompage).



- Les produits spéciaux (white-spirit ; toluène ; xylène) parviennent à l'UND d'Alger par voie ferrée, en wagons citernes, et approvisionnent les bacs qui leur sont réservés comme le montre la planche n°01.

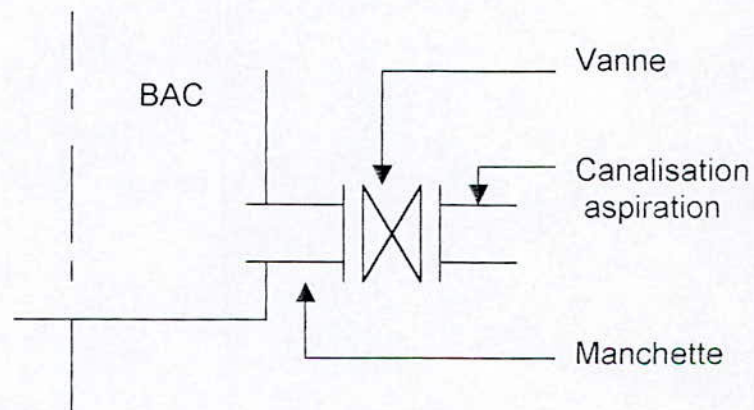
- Les carburants (gas-oil ; supercarburant ; essence ordinaire) et le white-spirit parviennent à celle-ci par pipe.

On distingue deux (02) pipes ( planche n°01) : un, réservé au super carburant et à l'essence ordinaire, et l'autre au gas-oil et le white-spirit.

La conception du dépôt a été effectuée de telle manière à ce que l'on puisse procéder à une éventuelle reconversion des bacs par simple changement du piquage (une réservation est effectuée par le pipe principal et la connexion se fait par une manchette).

### 3) Aspiration (planche n°02):

Les réservoirs sont équipés par des réservations effectuées sur la robe de ceux-ci, par lesquelles se fait le branchement de la canalisation aspiration de diamètre six (06) pouces (150mm).



### 4) Dimensionnement de la salle des pompes :

Le local de la salle des pompes est en bâti en dur.

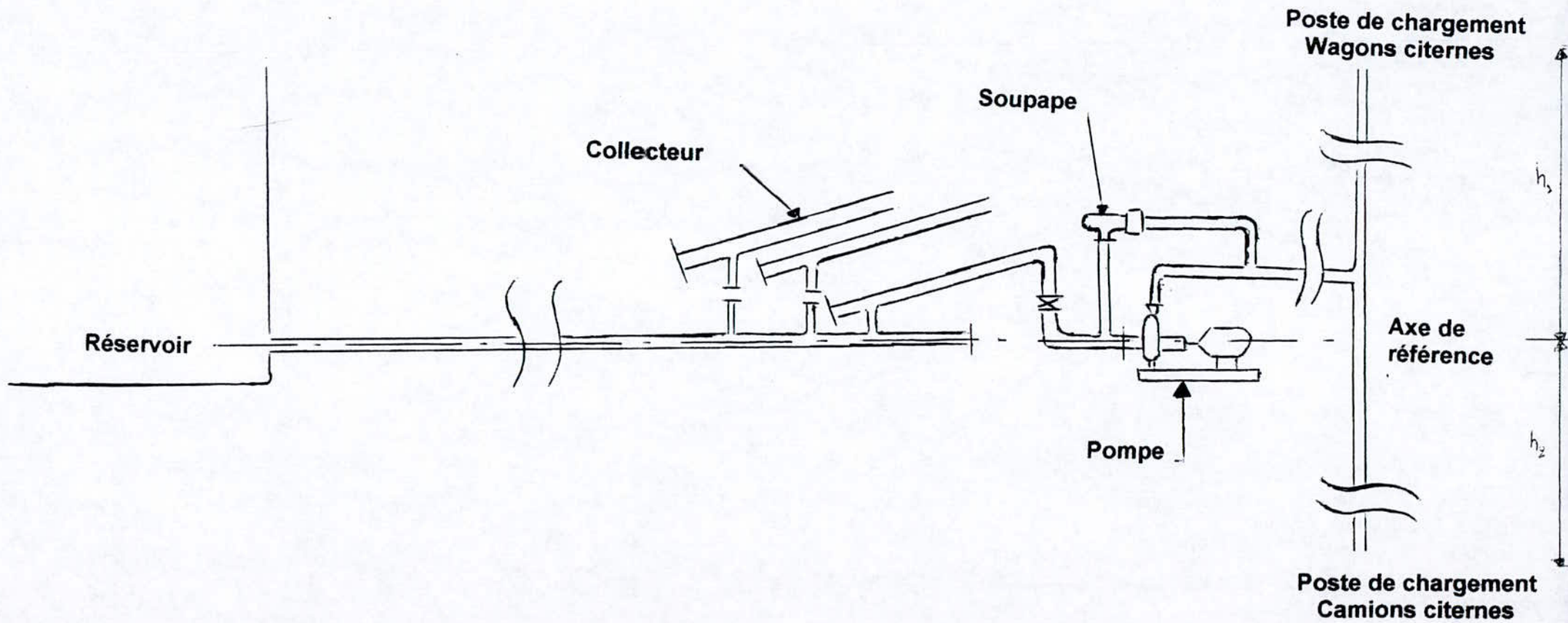
Toutefois, en se référant toujours à la réglementation, ce dernier doit être AERE.

L'encombrement de cet espace est de 15m × 50m, soit une superficie de 750m<sup>2</sup>.

Cette surface est occupée par :

- les groupes électropompes ;
- les canalisations arrivées des bacs (150mm) ;
- les collecteurs principaux d'aspiration (pompe) (200mm) ;
- les collecteurs principaux de refoulement (pompe) (200mm) ;
- les canalisations vers les postes de chargement (150mm).

## SCHEMA SYNOPTIQUE « ASPIRATION REFOULEMENT »



Ces aménagements sont dotés d'accessoires, à savoir :

- vanne à opercule ;
- filtre ;
- soupape de ligne (anti-bélier) ;
- clapet anti-retour.

**a) Détermination du débit :**

Le temps d'immobilisation des camions citernes (15 minutes) et des wagons citernes (30 minutes) sont les facteurs de la détermination du débit.

Sachant que 1200m<sup>3</sup> de tous produits confondus sortent journalièrement de l'UND d'Alger, on obtient :

$$Q = 150\text{m}^3/\text{h}$$

**b) Choix de la pompe:**

Pour le choix de la pompe, il est nécessaire de calculer :

- les pertes de charge totales ( $h_t$ ) :

$$h_t = \Sigma h_{12} + h_s \qquad \Sigma h_{12} = \lambda LV^2/D2g$$
$$h_s = \xi V^2/2g$$

- la hauteur manométrique totale (HMT) :

$$HMT = h_{\text{masp}} + h_{\text{mref}}$$

$h_{\text{masp}}$  : hauteur manométrique d'aspiration

$$h_{\text{masp}} = h_c - J_a - V_a^2/2g$$

$h_c$  : hauteur de charge ;

$J_a$  : pertes de charge à l'aspiration ;

$V_a$  : vitesse d'aspiration.

$H_{\text{mref}}$  : hauteur manométrique de refoulement

$$H_{\text{mref}} = h_r + J_r + P/\rho g - V_r^2/2g$$

$h_r$  : hauteur de refoulement ;

$J_r$  : pertes de charge au refoulement ;

$P$  : pression dans le réservoir alimenté par la pompe (poste de chargement à la pression atmosphérique) ;

$V_r$  : vitesse de refoulement.

- le NPSH (hauteur de charge nette absolue) :

$$\text{NPSH} = Z_0 + (P_0 + P_b - P_v)/\rho g - J$$

**\*) Calcul des pertes de charge :**

A l'aspiration.

Voici le tableau donnant les longueurs des conduites d'aspiration.

<b>N° du bac</b>	<b>Longueur des conduites (m)</b>
01	87.00
02	52.00
03	82.00
04	24.00
05	119.00
06	40.00
07	163.00
08	173.00
09	150.00
10	101.00
11	175.00
12	137.00
13	135.00
14	95.00
15	146.00
16	105.00
17	180.00
18	137.00
19	81.00
20	109.00
21	155.00
22	152.00
23	173.00
24	169.00

A présent, nous calculons le coefficient de perte de charge ( $\lambda$ ) pour chaque produit.

<b>Produit</b>	<b>Viscosité (Cst)</b>	<b><math>\lambda</math></b>
Gas-oil	9.00	0.022
Supercarburant	0.65	0.013
Essence ordinaire	0.65	0.013
Essence ss. Plomb	0.65	0.013
Toluène	0.68	0.013
Xylène	0.92	0.014
White-spirit	9.00	0.022
Napht C	0.65	0.013

Maintenant que nous connaissons le coefficient de pertes de charge de chaque produit, nous pouvons calculer les pertes de charge totales dues à, l'aspiration.

Les tableaux ci-dessous sont des états récapitulatifs de ce calcul.

N° bac	Produit	Pertes de charge totales (m)
01	Essence ss plomb	3.11
02	Essence ss plomb	2.20
03	Gas-oil	4.56
	Super -- E normale	2.99
04	Gas-oil	1.98
	Super – E normale	1.42
05	Gas-oil	6.17
	Super – E normale	3.97
06	Gas-oil	2.74
	Super – E normale	1.90
07	Gas-oil	7.97
	Super – E normale	5.01
08	Gas-oil	8.46
	Super –E normale	5.32
09	Gas-oil	7.49
	Super – E normale	4.74
10	Gas-oil	5.32
	Super – E normale	4.32
11	Gas-oil	8.48
	Super – E normale	5.31
12	Gas-oil	6.84
	Super – E normale	4.32
13	Gas-oil	6.67
	Super – E normale	4.19
14	Gas-oil	4.98
	Super – E normale	2.44
15	Gas-oil	7.26
	Super – E normale	4.58
16	Gas-oil	5.49
	Super – E normale	3.52
17	Gas-oil	8.69
	Super – E normale	5.44
18	Gas-oil	6.84
	Super – E normale	4.32
19	White-spirit	4.51
20	White-spirit	5.69
21	Xylène	5.19
22	Toluène	4.79
23	Napht C	5.38
24	Toluène	5.30

### Au refoulement.

Les longueurs des conduites de refoulement sont :

- de 72 mètres pour le poste de chargement camions citernes ;
- de 180 mètres pour le poste de chargement wagons citernes.

Le poste de chargement wagons citernes étant à une altitude de plus 5.00m par rapport au plan de référence, les pertes de charge totales au refoulement ( $h'_t$ ) correspondantes sont :

- gas-oil :	-----	$h'_t = 5.87 \text{ m} ;$
- white-spirit :	-----	$h'_t = 5.87\text{m} ;$
- supercarburant :	-----	$h'_t = 4.63\text{m} ;$
- essence ordinaire :	-----	$h'_t = 4.83\text{m} ;$
- essence sans plomb :	-----	$h'_t = 4.63 \text{ m} ;$
- toluène :	-----	$h'_t = 4.83\text{m} ;$
- xylène :	-----	$h'_t = 4.83\text{m} ;$
- napht C :	-----	$h'_t = 4.63\text{m}.$

### **\*\*) Hauteur manométrique totale :**

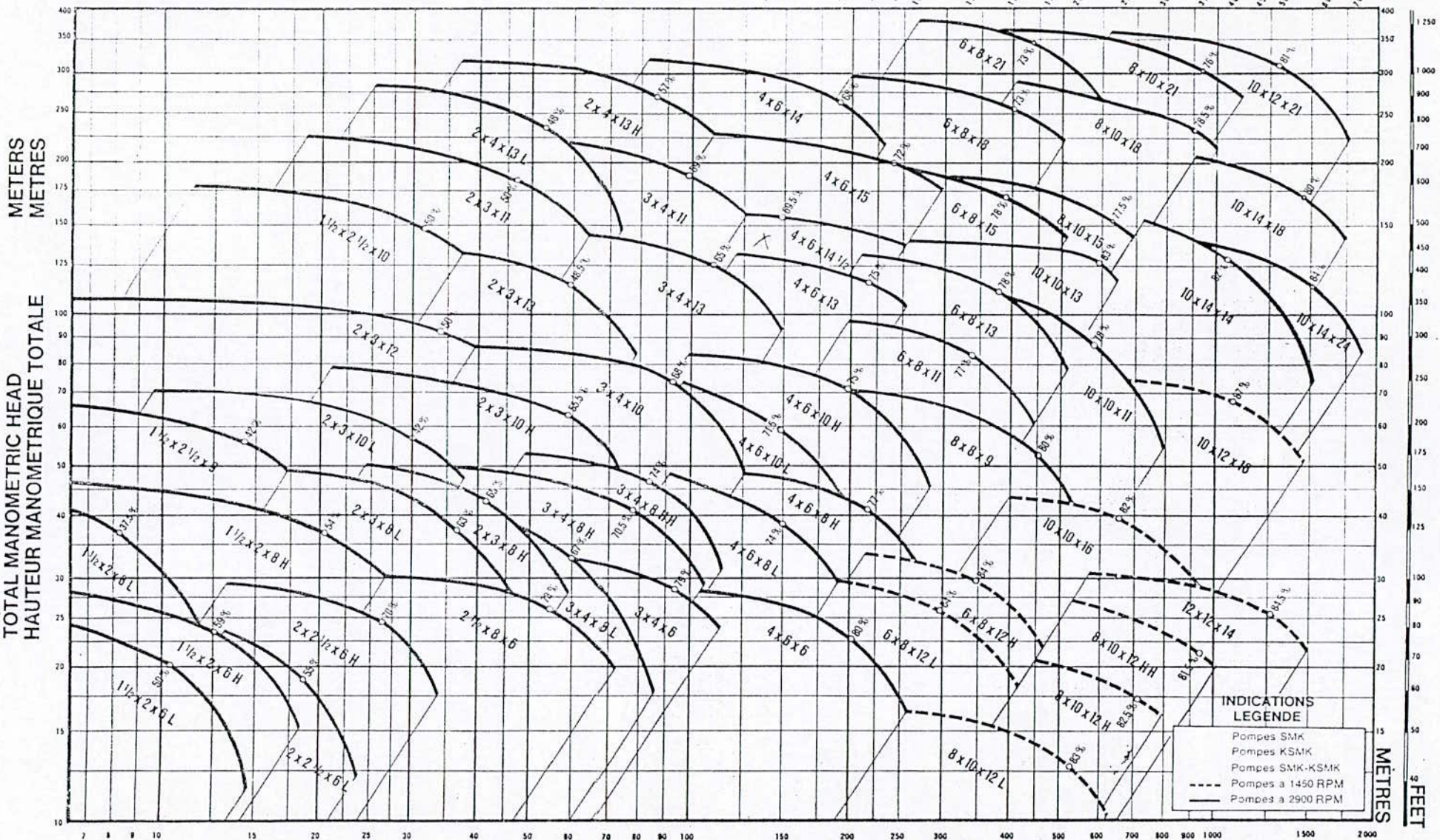
Dans les installations des dépôts d'hydrocarbures, les machines tournantes sont au norme API 610, cette pompe répond aux critères d'utilisation, à savoir le refroidissement des paliers par le produit lui-même.

Le tableau ci-dessous, nous donne les hauteurs manométriques d'aspiration, ainsi que les hauteurs manométriques de refoulement :

$$\text{HMT} = \text{Hmasp} + \text{Hmref}$$

N° bac	Produit	H <sub>masp</sub> (m)	H <sub>mref</sub> (m)	HMT (m)
01	Essence ss plomb	7.92	23.00	30.92
02	Essence ss plomb	8.83	23.00	31.83
03	Gas-oil	8.98	22.50	31.48
	Super -- E normale	10.55	23.00	33.55
04	Gas-oil	11.56	22.50	34.06
	Super -- E normale	12.12	23.00	<b>35.12</b>
05	Gas-oil	7.37	22.50	29.87
	Super -- E normale	9.61	23.00	32.61
06	Gas-oil	10.80	22.50	33.30
	Super -- E normale	11.64	23.00	34.64
07	Gas-oil	4.89	22.50	27.39
	Super -- E normale	7.85	23.00	30.85
08	Gas-oil	4.40	22.50	<b>26.90</b>
	Super -- E normale	7.54	23.00	30.54
09	Gas-oil	5.37	22.50	27.87
	Super -- E normale	8.12	23.00	31.12
10	Gas-oil	7.54	22.50	30.04
	Super -- E normale	8.54	23.00	31.54
11	Gas-oil	5.20	22.50	27.70
	Super -- E normale	8.37	23.00	31.37
12	Gas-oil	6.84	22.50	29.34
	Super -- E normale	9.36	23.00	32.36
13	Gas-oil	7.01	22.50	29.51
	Super -- E normale	9.49	23.00	32.49
14	Gas-oil	8.70	22.50	31.20
	Super -- E normale	11.24	23.00	34.24
15	Gas-oil	6.42	22.50	28.92
	Super -- E normale	9.10	23.00	32.10
16	Gas-oil	8.19	22.50	30.69
	Super -- E normale	10.16	23.00	33.16
17	Gas-oil	4.99	22.50	27.49
	Super -- E normale	8.24	23.00	31.24
18	Gas-oil	6.84	22.50	29.34
	Super -- E normale	9.36	23.00	32.36
19	White-spirit	6.52	22.50	29.02
20	White-spirit	5.34	22.50	29.84
21	Xylène	7.51	21.00	28.51
22	Toluène	7.91	21.00	28.91
23	Napht C	7.32	24.25	31.57
24	Toluène	7.40	21.00	28.40

USGPM 20 30 40 45 50 60 70 80 90 100 125 150 175 200 250 300 350 400 450 500 600 700 800 900 1000 1250 1500 1750 2000 2500 3000 3500 4000 4500 5000 6000 7000 8000  
 IGPM 25 35 45 55 65 75 85 95 105 135 165 195 225 275 325 375 425 525 625 725 825 925 1125 1375 1625 1875 2125 2625 3125 3625 4125 4625 5625 6625 7625 8625



TOTAL MANOMETRIC HEAD  
HAUTEUR MANOMETRIQUE TOTALE

METERS  
METRES

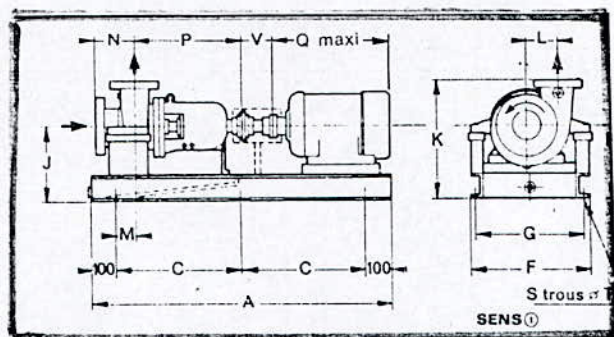
DEBIT EN M³/h CAPACITY IN M³/h

**CARACTERISTIQUES DES POMPES SMK et KSMK**  
**KSMK and SMK PUMPS CHARACTERISTICS**

400  
350  
300  
250  
200  
150  
100  
90  
80  
70  
60  
50  
40  
30  
25  
20  
15  
10  
1250  
1000  
900  
800  
700  
600  
500  
450  
400  
350  
300  
250  
200  
175  
150  
125  
100  
90  
80  
70  
60  
50  
40  
30  
25  
20  
15  
10  
40  
30  
20  
15  
10  
5  
4  
3  
2  
1  
METRES  
FEET



Suivant le catalogue GUINARD des pompes, pour les différentes hauteurs manométrique, et pour un débit de 150 m<sup>3</sup>/h, la pompe est du type 4×6×8L, qui présente un rendement ( $\eta$ ) de 74% et une vitesse de rotation (N) de 2900 tr/mn.

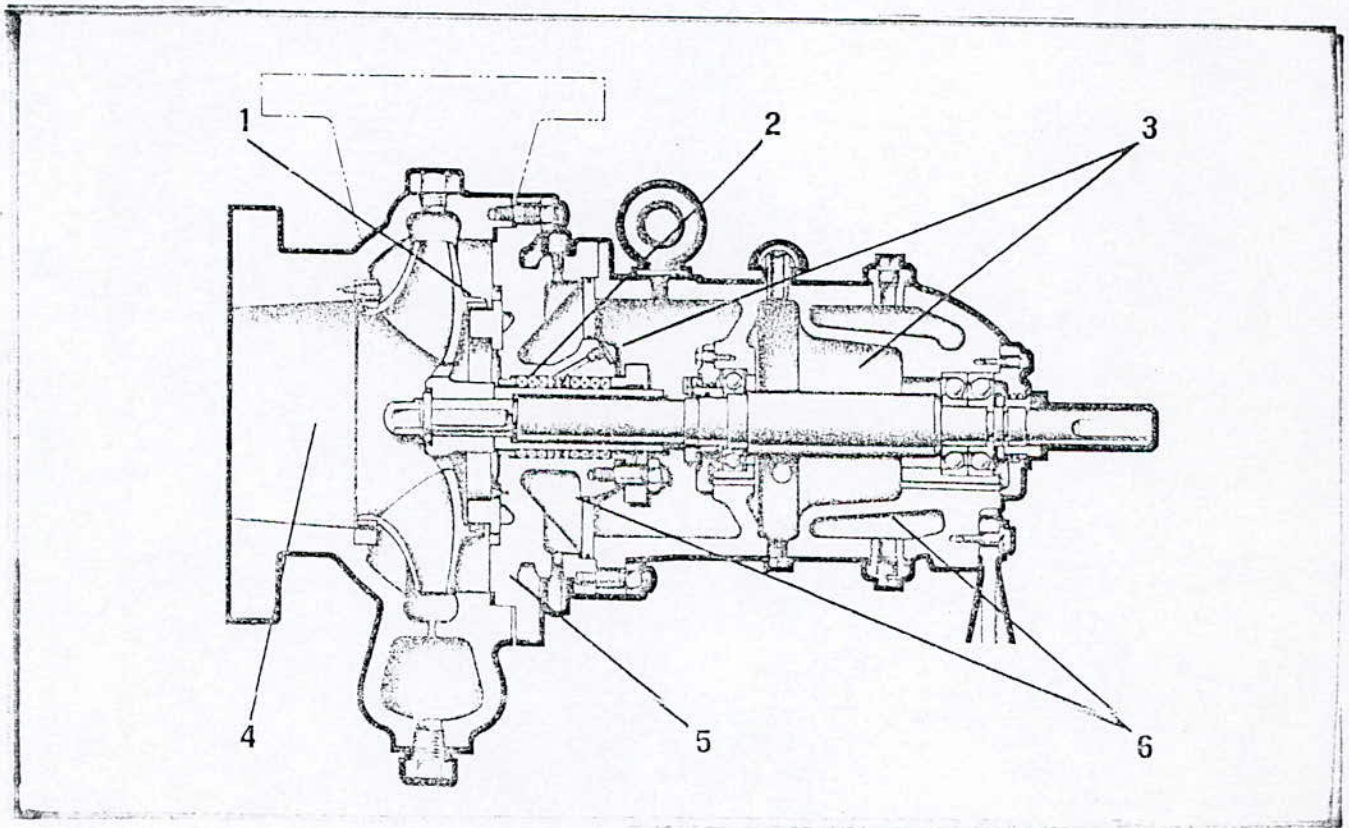


Cette pompe présente trois paliers et un sens de rotation.  
Le diamètre de l'orifice d'aspiration est de 150mm, et celui de l'orifice de refoulement est de 100mm.

- Voici quelques cotations :
- K = 673mm ;
  - L = 150mm ;
  - M = 215mm ;
  - N = 185mm ;
  - P = 573mm ;
  - V = 130mm ;
  - Q<sub>maxi</sub> = 1080mm ;
  - A = 2200mm ;
  - B = 700mm ;
  - C = 650mm ;
  - F = 820mm ;
  - G = 770mm ;
  - J = 442mm ;
  - S = 8mm ;
  - T = 21mm.

Ce type de pompe possède les avantages suivants :

- 1- **ROUE EQUILIBREE HYDRAULIQUEMENT**: les roulements, soulagés de toute poussée axiale, ne fatiguent pas et travaillent dans les meilleures conditions.
- 2- **ETANCHIETE ADAPTABLE** : interchangeabilité facile d'une garniture tresse (démarrage d'unité) par une garniture mécanique.
- 3- **STANDARDISATION DES BATIS ET BOITES D'ETANCHIETE** : stock de Maintenance réduit au minimum ; souplesse de l'installation qui peut être facilement transformée (extension).
- 4- **SECTION D'ENTREE MAXIMALE DE LA ROUE** : NPSH particulièrement favorable.
- 5- **CORPS DE POMPE OUVERT COTE COMMANDE** : démontage du rotor sans débrider la pompe, si l'accouplement est prévu à pièces d'espacement (conformément aux prescriptions API) le démontage du moteur n'est même plus nécessaire.
- 6- **CHAMBRE DE CIRCULATION** : roulements et étanchéité toujours maintenus à une température correcte et uniforme quel que soit le liquide (moins 190°C à plus 450°C)



Connaissant le type de pompe, nous déterminons la caractéristique de celle-ci.

$$H = a - bQ^2 \quad a > 0 ; b > 0$$

Nous avons pour :  $H_1 = 42.5\text{m}$  -----  $Q_1 = 125\text{m}^3/\text{h}$   
 $H_2 = 47.5\text{m}$  -----  $Q_2 = 100\text{m}^3/\text{h}$

D'où  $a = 56.68$   
 $b = 11\,708.50$

$$H = 56.68 + 11708.5Q^2$$

A présent, calculons H pour  $Q = 150\text{m}^3/\text{h}$ , nous obtenons  $H = 36.35\text{m}$ .

Le rapport (r) de cette hauteur avec la hauteur manométrique totale, nous indique sur le nombre de pompes nécessaire.

Pour notre cas, les hauteurs manométriques sont inférieures à  $HMT_{\max} = 35.12\text{m}$  ; pour cette valeur nous obtenons un rapport (r) qui est égal à **0.97** (environ égal à 1) .

Une seule pompe suffit pour alimenter les postes de chargement ; toutefois pour des raisons de disponibilité en cas d'un arrêt ou même d'une opération d'entretien ou de maintenance, il y a lieu d'aménager une seconde pompe en parallèle en STAND BY.

### \*\*\*) Calcul du NPSH :

Le NPSH est donné par la formule :

$$\text{NPSH} = Z_0 + (P_0 + P_b - P_v) / \rho g - J_1$$

$Z_0$  : côte par rapport au plan de référence du niveau libre dans le bac d'aspiration ;

$P_0$  : pression régnant dans la surface libre du bac d'aspiration ;

$P_b$  : pression atmosphérique ;

$P_v$  : tension de vapeur du liquide pompé à l'entrée de la pompe ;

$\rho$  : masse volumique du liquide pompé ;

$J_1$  : perte de charge à l'aspiration.

La pompe du type 4×6×8L, possède un **NPSH (requis) de 8.50m**.

Voici, le NPSH<sub>disponible</sub> pour les différents bacs et type de produits :

N° bac	Produit	Hauteur (m)	NPSH (m)
01	E ss plomb	11.32	9.73
02	E ss plomb	11.32	10.64
03	Gas-oil	13.83	21.40
	Super-E normale		12.35
04	Gas-oil	13.83	23.98
	Super-E normale		13.93
05	Gas-oil	13.83	19.79
	Super-E normale		11.38
06	Gas-oil	13.83	23.22
	Super-E normale		13.45
07	Gas-oil	13.15	17.31
	Super-E normale		9.66
08	Gas-oil	13.15	16.82
	Super-E normale		9.37
09	Gas-oil	13.15	17.79
	Super-E normale		9.93
10	Gas-oil	13.15	19.96
	Super-E normale		10.35
11	Gas-oil	13.97	17.62
	Super-E normale		10.18
12	Gas-oil	13.97	19.26
	Super-E normale		11.17
13	Gas-oil	13.97	19.43
	Super-E normale		11.30
14	Gas-oil	13.97	21.12
	Super-E normale		13.05
15	Gas-oil	13.97	18.84
	Super-E normale		10.91
16	Gas-oil	13.97	20.61
	Super-E normale		11.97
17	Gas-oil	13.97	17.41
	Super-E normale		10.05
18	Gas-oil	13.97	19.26
	Super-E normale		11.17
19	White-spirit	11.32	18.94
20	White-spirit	11.32	17.76
21	Xylène	12.99	9.10
22	Toluène	12.99	9.49
23	Napht C	12.99	9.27
24	Toluène	12.99	8.99

Les NPSH disponibles étant supérieurs au NPSH requis (8.50m), la pompe fonctionne normalement et ne présente pas de risque de cavitation.

## CHAPITRE 6

RESERVE EAU INCENDIE

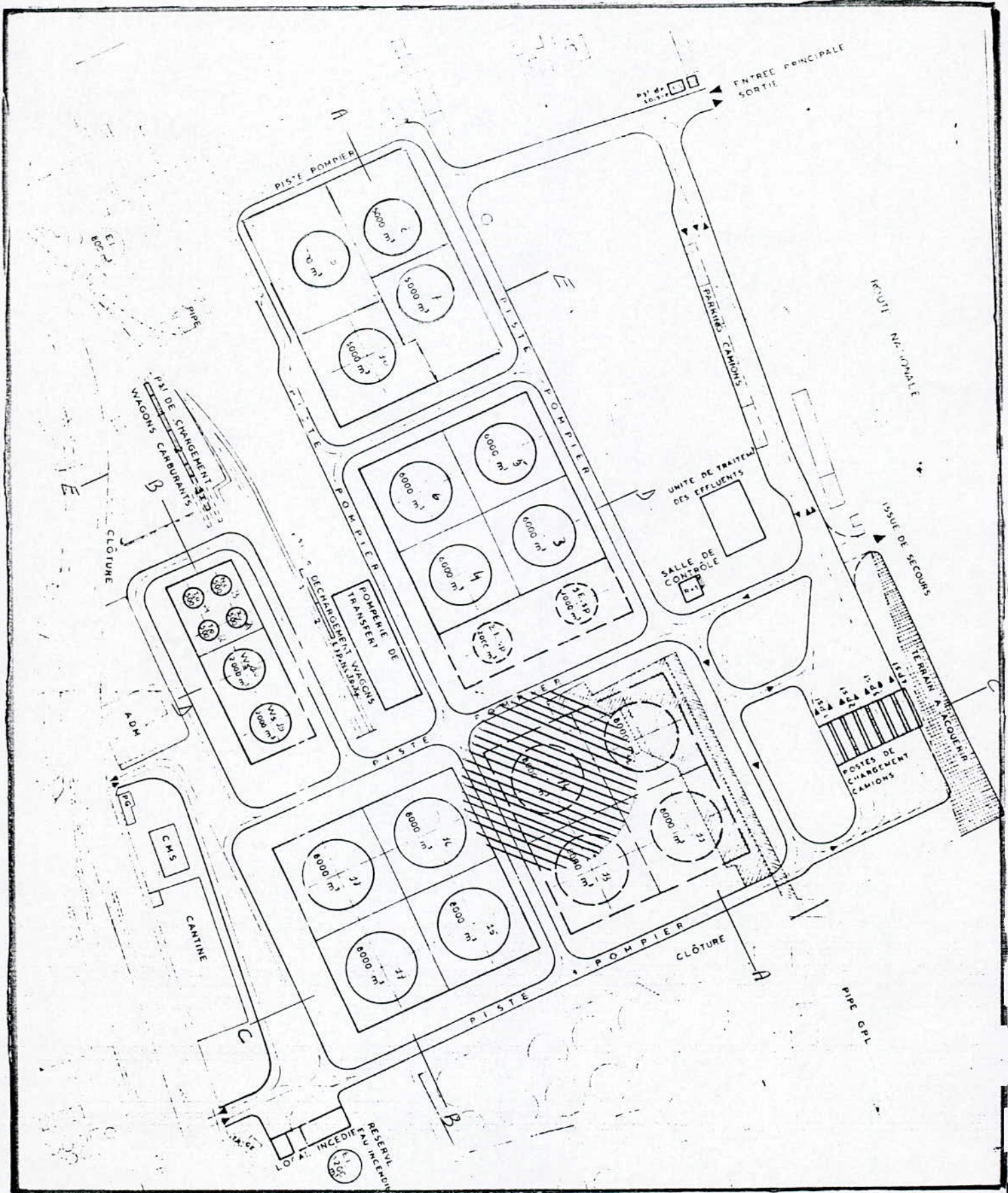
### 1) Données sur les réservoirs :

Le centre de distribution et de stockage, est composé de **24** bacs pour les différents produits (gas-oil, supercarburant, essence ordinaire, white-spirit, toluène, xylène, napht C), d'où une capacité de **118 000 m<sup>3</sup>**, qui est répartie comme suit :

Bacs	Produit stocké	Diamètre du bac (m)	Hauteur du bac (m)	Capacité du bac (m <sup>3</sup> )
N° 01	E. sans plomb	15.00	11.32	2 000
N° 02	E. sans plomb	15.00	11.32	2 000
N° 03	Carburant	23.50	13.83	6 000
N° 04	Carburant	23.50	13.83	6 000
N° 05	Carburant	23.50	13.83	6 000
N° 06	Carburant	23.50	13.83	6 000
N° 07	Carburant	22.00	13.15	5 000
N° 08	Carburant	22.00	13.15	5 000
N° 09	Carburant	22.00	13.15	5 000
N° 10	Carburant	22.00	13.15	5 000
N° 11	Carburant	27.00	13.97	8 000
N° 12	Carburant	27.00	13.97	8 000
N° 13	Carburant	27.00	13.97	8 000
N° 14	Carburant	27.00	13.97	8 000
N° 15	Carburant	27.00	13.97	8 000
N° 16	Carburant	27.00	13.97	8 000
N° 17	Carburant	27.00	13.97	8 000
N° 18	Carburant	27.00	13.97	8 000
N° 19	White-spirit	15.00	11.32	2 000
N° 20	White-spirit	15.00	11.32	2 000
N° 21	Xylène	7.00	12.99	500
N° 22	Toluène	7.00	12.99	500
N° 23	Napht C	7.00	12.99	500
N° 24	Toluène	7.00	12.99	500

Carburant : Gas-oil ; Supercarburant ; Essence ordinaire.

La capacité du dépôt étant supérieure à **100 000 m<sup>3</sup>**, et selon l'**article 602.1** des règles d'aménagement, qui stipule que tout dépôt d'hydrocarbures de catégorie **B, C** ou **D<sub>1</sub>** qui ne dispose pas de ressources en eau, doit être pourvu d'une réserve permettant d'assurer le débit (défini ci-dessous) seule ou en complément d'autres ressources permanentes au moins **6 heures** (capacité au moins égale à 100 000 m<sup>3</sup>).



## 2) Détermination du débit réglementaire (Q) :

$$Q = Q_1 + Q_2$$

Q<sub>1</sub> : débit nécessaire pour le refroidissement des réservoirs se trouvant autour du bac supposé en feu.

Q<sub>2</sub> : débit nécessaire pour la production de la mousse sur le réservoir supposé en feu.

Selon l'article 606 des règles d'aménagement, on a :

Réservoirs à Considérer	Q <sub>1</sub> (m <sup>3</sup> /h)	Q <sub>m</sub> (m <sup>3</sup> /h)
Réservoir en feu de rayon R et de surface S	15 l/mn/m de circonférence	$Q_m = 0.2 \times S$ (20cm de mousse en 10mn)
Réservoirs en tout ou en partie situés dans le cylindre de section circulaire axé sur le réservoir supposé en feu et de rayon 2.5 R	Débit sur le quart de la surface des réservoirs : - hydrocarbures de <b>catégorie B</b> : 5l/m <sup>2</sup> /mn - hydrocarbures de <b>catégorie C ou D1</b> : 2l/m <sup>2</sup> /mn	

### a) Détermination de Q<sub>1</sub> :

$$Q_1 = q_1 + q_2$$

q<sub>1</sub> : 15l/mn/m de circonférence sur le réservoir en feu.

q<sub>2</sub> : 2l/mn sur le quart de la surface des réservoirs d'hydrocarbures de catégorie C, pour les réservoirs qui sont à proximité du réservoir supposé en feu.

Le cas le plus défavorable est déterminé par le rayon fictif égal à 2.5 R ou R + 15 (si ce dernier est supérieur). A partir de cette loi le **bac n° 14** est désigné comme tel. Dans ce cas, les **bacs n° 12 et 13** sont situés dans la zone qui a un rayon de **2.5 R<sub>14</sub> = 33.75 m** (R<sub>14</sub> = 13.50 m).

- calcul de q<sub>1</sub> :

$$q_1 = (15 \times 60 \times \pi \times D_{14}) / 1000 \quad \text{-----} \quad q_1 = 76.34 \text{ m}^3/\text{h}$$

- calcul de q<sub>2</sub> : R<sub>12</sub> = R<sub>13</sub> ; h<sub>12</sub> = h<sub>13</sub>

$$q_2 = 2 \times (2\pi \times R_{12} \times h_{12} \times 60) / 4 \times 1000 \quad \text{--} \quad q_2 = 35.55 \text{ m}^3/\text{h}$$

d'où :  $Q_1 = 111.89 \text{ m}^3/\text{h}$



**b) Détermination de Q<sub>2</sub> :**

Le débit Q<sub>m</sub> est le débit de mousse pour une épaisseur de 20cm et en un temps de 10 minutes.

- Détermination du volume de mousse (V<sub>m</sub>) :

$$V_m = 0.2 \times s$$

S : surface du réservoir supposé en feu.

$$V_m = \pi D^2/4 \times 0.2 \quad \text{-----} \quad V_m = 114.51 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Détermination du volume de la solution (V<sub>s</sub>) :

Le coefficient de foisonnement (f) étant égal à 6, on a :

$$V_s = V_m/f \quad \text{-----} \quad V_s = 19.10 \text{ m}^3$$

- Détermination du volume de l'émulsifiant (V<sub>e</sub>) :

L'émulsifiant représente 3% du volume de la solution, d'où :

$$V_e = 3\% \times V_s \quad \text{-----} \quad V_e = 0.57 \text{ m}^3$$

- Détermination du volume d'eau (V) :

$$V = V_s - V_e \quad \text{-----} \quad V = 18.53 \text{ m}^3$$

Ce volume d'eau correspond à un temps de 10 minutes, d'où un volume horaire Q<sub>2</sub> :

$$Q_2 = 60 \times V/10 \quad \text{-----} \quad Q_2 = 111.18 \text{ m}^3$$

**c) Détermination du débit réglementaire :**

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad \text{-----} \quad Q = 223.07 \text{ m}^3/\text{h}$$

**3) Détermination de la réserve d'eau :**

Le dépôt devant assurer un débit au moins pendant une durée de 6 heures, la réserve d'eau (V) est donnée par l'expression :

$$V = 6 \times Q \quad \text{-----} \quad V = 1\,338.42 \text{ m}^3$$

La réserve d'eau déjà existante est d'une capacité de 2 000 m<sup>3</sup>. Elle répond donc aux exigences en eau.

**4) Détermination du nombre de pulvérisateurs :**

Le débit pour le refroidissement des réservoirs est :  $Q_1 = 111.89 \text{ m}^3/\text{h}$

Le débit d'un pulvérisateur est  $q_p = 36 \text{ l/mn} = 2.18 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Le nombre  $N_p$  de pulvérisateurs est :

$$N_p = Q_1/q_p \text{ ----- } N_p = 52 \text{ pulvérisateurs}$$

**5) Distance entre les pulvérisateurs :**

Tout d'abord, calculons le périmètre pour le bac supposé en feu (bac n°14).

$$P = \pi D_{14} \text{ ----- } P = 84.82 \text{ m}$$

La distance  $L$  entre les pulvérisateurs est :

$$L = P/N_p \text{ ----- } L = 1.60 \text{ m}$$

## CHAPITRE 7

ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE

Pour effectuer une étude technico-économique, il faut évaluer :

- le coût direct ;
- les coût indirect ;
- les imprévus .

**a) Coût direct :**

Le coût direct comporte :

- le prix du tube, qui est de 11 700 DA/t .

Je calcule le rayon extérieur ( $R_{ex}$ ) et le rayon intérieur ( $R_{in}$ ), pour évaluer le volume de l'acier nécessaire à la réalisation de notre projet.

$$R_{ex} = 150/2 = 75.00\text{mm} \quad ; \quad R_{in} = (150 - 2 \times 6.35)/2 = 68.65\text{mm}$$

$$\text{D'où une surface } S = \pi(R_{ex}^2 - R_{in}^2) \quad \text{-----} \quad S = 2\,865.70\text{mm}^2$$

La longueur des conduites étant de 5 000m et la masse volumique de l'acier étant de  $7.8\text{t/m}^3$ , on obtient une masse de 114.00t.

Le prix du tube est donc estimé à : **1 333 800.00 DA**

- le transport des tubes, qui est de 1 500 Da/t.

Le transport nous revient à : **171 000.00 DA**

- le prix des accessoires :

Accessoires	Nombre	Prix unitaire	Prix (DA)
Vanne (6 ")	48	10 000	480 000
Vanne (8")	30	15 000	450 000
Clapet (6")	16	5 000	80 000
Soupape	16	20 000	320 000
Filtre	08	2 500	20 000

Soit un total de : **1 350 000.00 DA**

- la pose des tubes, qui est de 50 DA/pouce.mètre

La longueur d'aspiration (6") est de 3 500m.

La longueur de refoulement (8") est de 1 500m.

D'où le prix de la pose revient à :  $50 \times (6 \times 3500 + 8 \times 1500)$

Soit à : **1 650 000.00 DA**

- le prix des pompes, qui est de 4 500 Da/CV.

Une pompe du type 4×6×8L possède 30CV, d'où : 135 000.00 DA/pompe.

Or, la salle des pompes comporte 16 pompes, ce qui revient à :

**2 160 000.00 DA**

- coût de la salle des pompes : **5 000 000.00 DA**

- coût des réservoirs :

Capacité(m <sup>3</sup> )	Prix unitaire (DA)	Nombre	Prix (DA)
500	3 000 000	04	20 000 000
2 000	12 000 000	04	48 000 000
5 000	27 000 000	04	108 000 000
6 000	32 000 000	04	128 000 000
8 000	44 000 000	08	352 000 000

La construction des réservoirs revient donc à : **656 000 000.00 DA**

LE COUT DIRECT REVIENT A : **667 664 800.00 DA**

**b) Coût indirect :**

Le coût indirect comporte :

- engineering, qui représente 6% du coût direct ;
- matériel divers, qui représente 1% du coût direct.

Soit le coût indirect représente 7% du coût direct

**46 736 540.00 DA**

**c) Imprévus :**

Les imprévus représentent 8%(coût direct + coût indirect)

Soit **57 152 110.00 DA**

Le projet est estimé à : **771 556 450.00 DA**

## CONCLUSION

**P**our satisfaire les besoins des Horizons de l'an 2000, et compte tenu de la compétition mondiale, l'UND d'Alger (entreprise Naftal), de part sa situation stratégique, se doit d'être dotée de ce projet fort ambitieux (coût de l'investissement : 771 556 450.00 DA) ; somme qui paraît faramineuse, mais qui sera amortie dans le temps car elle pourra ainsi, par ce biais, optimiser son fonctionnement et son rendement.

**L'**implantation a été effectuée en prenant en considération deux facteurs :

- les règles d'aménagement d'un dépôt d'hydrocarbures ;
- et l'optimisation de celui-ci en choisissant la capacité maximale.

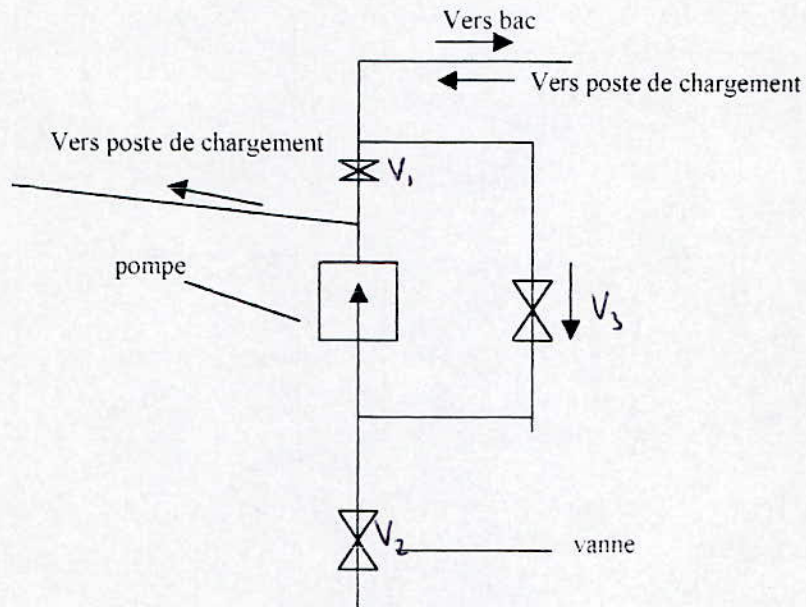
**N**ous avons aussi tenu compte de l'axe de référence (axe de la pompe) qui nous a orienté sur l'emplacement des canalisations afin de minimiser les pertes de charge.

**C**ette étude a été réalisée dans le but d'orienter l'UND d'Alger.

## ANNEXES



## SCHÉMA DE FONCTIONNEMENT D'UNE POMPE ALIMENTANT LES RÉSERVOIRS DES PRODUITS SPÉCIAUX :



Dans le cas de produits spéciaux hormis le white-spirit, l'approvisionnement et le refoulement des réservoirs s'effectuent par la même canalisation.

Pour cela, il faut munir la pompe par le système schématisé par la figure ci-dessus, dont le fonctionnement est :

- V<sub>1</sub> et V<sub>2</sub> ouverts, V<sub>3</sub> fermés : alimentation du Bac.
- V<sub>1</sub> et V<sub>2</sub> fermés, V<sub>3</sub> ouvert : alimentation du poste de chargement.

# VOICI COMMENT EST CONSTITUÉ UN CERTIFICAT D'ESSAI

<b>Bombas GUNNARD, S. A.</b> CERTIFICADO DE PRUEBA DE BOMBA CENTRIFUGA CENTRIFUGAL PUMP TEST - CERTIFICATE CERTIFICAT D'ESSAI POMPE CENTRIFUGE													Trabajo - Job - Affaire <b>161 276</b>		Bomba - Pump - Pompe <b>SHK 4x6x8H</b>		Cliente - Customer - Client <b>ALTEXA</b>	
Temperatura agua - Water temp. Temperature eau				Motor tipo - Motor Type Tipo du moteur		Bomba N.º Pump N.º Pompe N.º		Referencia Item Reparo		H. E. P. / Faltó Stop Order								
Puro aspirático - Specific gravity Poids spécifique				Potencia del motor - Motor power Puissance du moteur		Bomba N.º Pump N.º Pompe N.º		Referencia Item Reparo		H. E. P. / Faltó Stop Order								
Diámetro - Diameter Diámetro				Tensión línea - Line voltage Voltaje		Bomba N.º Pump N.º Pompe N.º		Referencia Item Reparo		H. E. P. / Faltó Stop Order								
Manómetro aspiración - Suction gauge Manometre aspiration				Constante walm. - Wattmetric const. Const. walm.		Bomba N.º Pump N.º Pompe N.º		Referencia Item Reparo		H. E. P. / Faltó Stop Order								
Manómetro impulsión - Discharge gauge Manometre Kul'sultement				Caudal O Capacity Debit		Bomba N.º Pump N.º Pompe N.º		Referencia Item Reparo		H. E. P. / Faltó Stop Order								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13						
Veloc. prueba Test speed Vitesse d'essai	Correc. mandm.	Pres. aspir. Suction press. Press. aspir.	Pres. impuls. Discharge press. Press. sortie	Lech. walm. Watt. readings Lechos walm.	Potencia en bornas Power at terminals Puiss aux bornes	Rendim. motor Motor effic. Pendl. du moteur	Pot. absorv. Input power Puiss. absorb.	Caudal O Capacity Debit	Altura total Tot. head Hauteur tot.	Pot. hidráulica Hydraul. pow. Puisse hydraul.	Coeficientes Coefficients Coefficients	Condit. contrato Contract. Contrat. contract.	R. R. M. Q. P. E. U.					
A. R. M.	m	m	m	W1 W2	Kw	%	cv	cm. Hg. m <sup>3</sup> /h	m	cv	K1 K2 K3	Q H	Rendim. Effic. Rend.					
2.970	+0.75	-4.15	38.8	7.9	12.96	.90	23.51	0	43.70	0	0.976	0	0.9730					
2.965	-	-2.4	38.9	8.8	21.12	.98	26.36	8	48.05	0.95	0.978	4.9774	4.9730					
2.950	-	-2.65	37.2	9.5	22.80	.98	28.52	31	51.07	0.953	0.983	4.9833	4.9830					
2.950	-	-2.15	33.2	10.2	24.48	.90	30.12	71	52.15	0.934	0.983	4.9833	4.9830					
2.945	-	-2.3	29.2	10.6	25.44	.90	31.83	105	55.03	0.954	0.986	4.9866	4.9863					
2.940	-	-2.75	23.5	10.9	26.16	.90	32.73	144	56.67	0.986	0.992	4.9929	4.9926					
Maxima amplitud de vibration medida Max amplitude of vibrations checked Amplitude max des vibrations relevés 3 m													Hulgura entre arcos distantes Distential wearing ins clearance Jeux entre bagues distantes cuerpo 0.40 coja 0.50					
Observaciones Tercera: 16°C Tercera: 47.5																		
2.970	+0.75	-4.15	38.8	7.9	12.96	.90	23.51	0	43.70	0	0.976	0	0.9730					
2.965	-	-2.4	38.9	8.8	21.12	.98	26.36	8	48.05	0.95	0.978	4.9774	4.9730					
2.950	-	-2.65	37.2	9.5	22.80	.98	28.52	31	51.07	0.953	0.983	4.9833	4.9830					
2.950	-	-2.15	33.2	10.2	24.48	.90	30.12	71	52.15	0.934	0.983	4.9833	4.9830					
2.945	-	-2.3	29.2	10.6	25.44	.90	31.83	105	55.03	0.954	0.986	4.9866	4.9863					
2.940	-	-2.75	23.5	10.9	26.16	.90	32.73	144	56.67	0.986	0.992	4.9929	4.9926					

## BIBLIOGRAPHIE

- **HYDRAULIQUE GÉNÉRALE ET APPLIQUÉE** **CARLIER**  
Eyrolles (Paris 1980)
- **POMPES GUINARD ÉNERGIE (NPSH)**  
Brochure préparée par la Commission Technique d'Europump.  
(sous la présidence de Mr. De Saint Vaulry et Mr. De Waele)
- **ÉCOULEMENTS FORCÉS EN HYDRAULIQUE** **Y. OURAGH**  
(Tome 1 et Tome 2)  
OPU 1990
- **RÉSERVOIRS DE STOCKAGE** **P. WUITHIER**
- **RÈGLES D'AMÉNAGEMENT ET D'EXPLOITATION DES DÉPÔTS  
D'HYDROCARBURES LIQUIDES**  
Arrêté du 19 novembre 1975 (Journal Officiel du 23 janvier 1976)

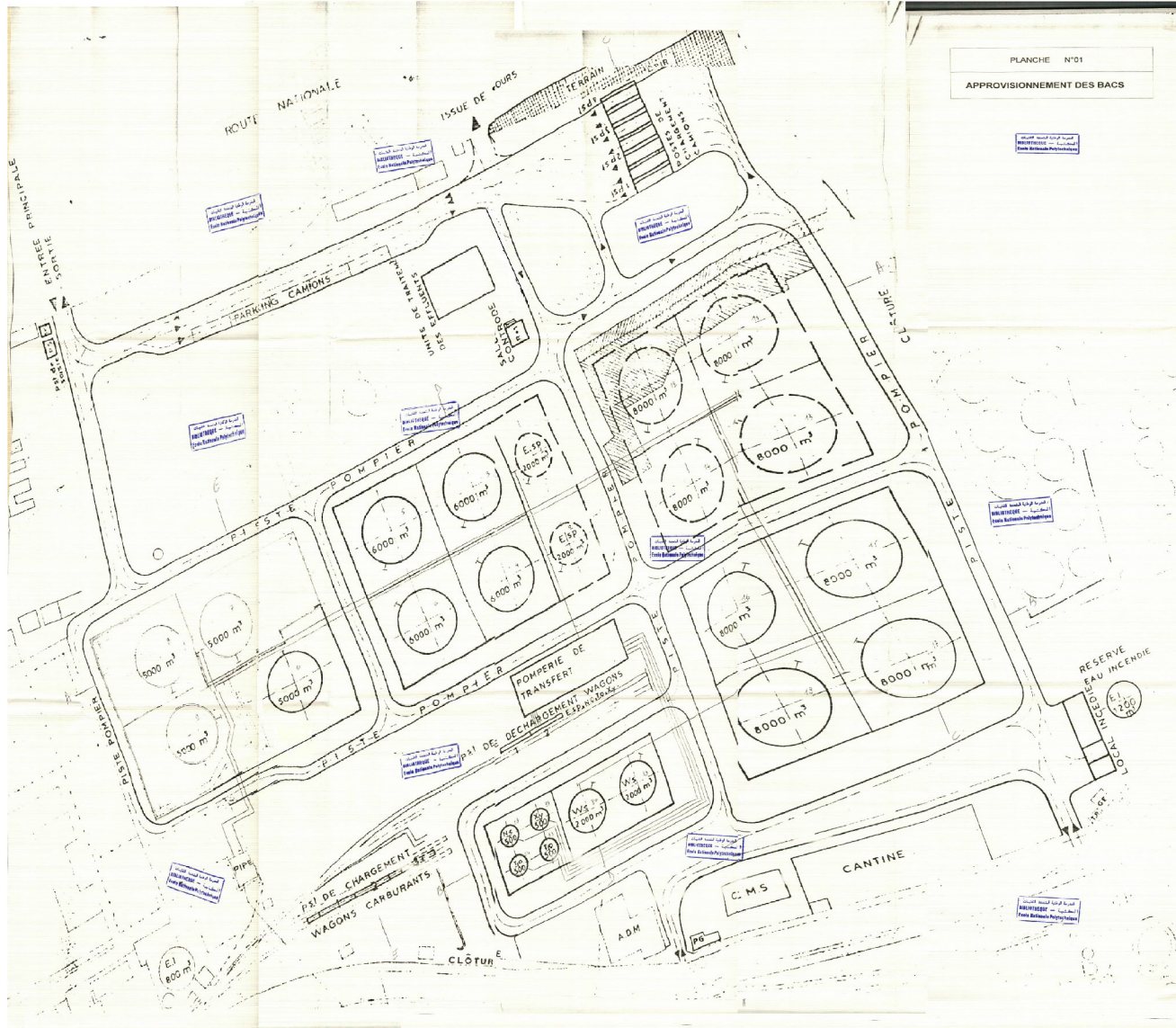


PLANCHE N°01  
 APPROVISIONNEMENT DES BACS

المخطط التفصيلي لموقع  
 الإمداد بالحاويات  
 (Detailed site plan for  
 tank supply)

المخطط التفصيلي لموقع  
 الإمداد بالحاويات  
 (Detailed site plan for  
 tank supply)

المخطط التفصيلي لموقع  
 الإمداد بالحاويات  
 (Detailed site plan for  
 tank supply)

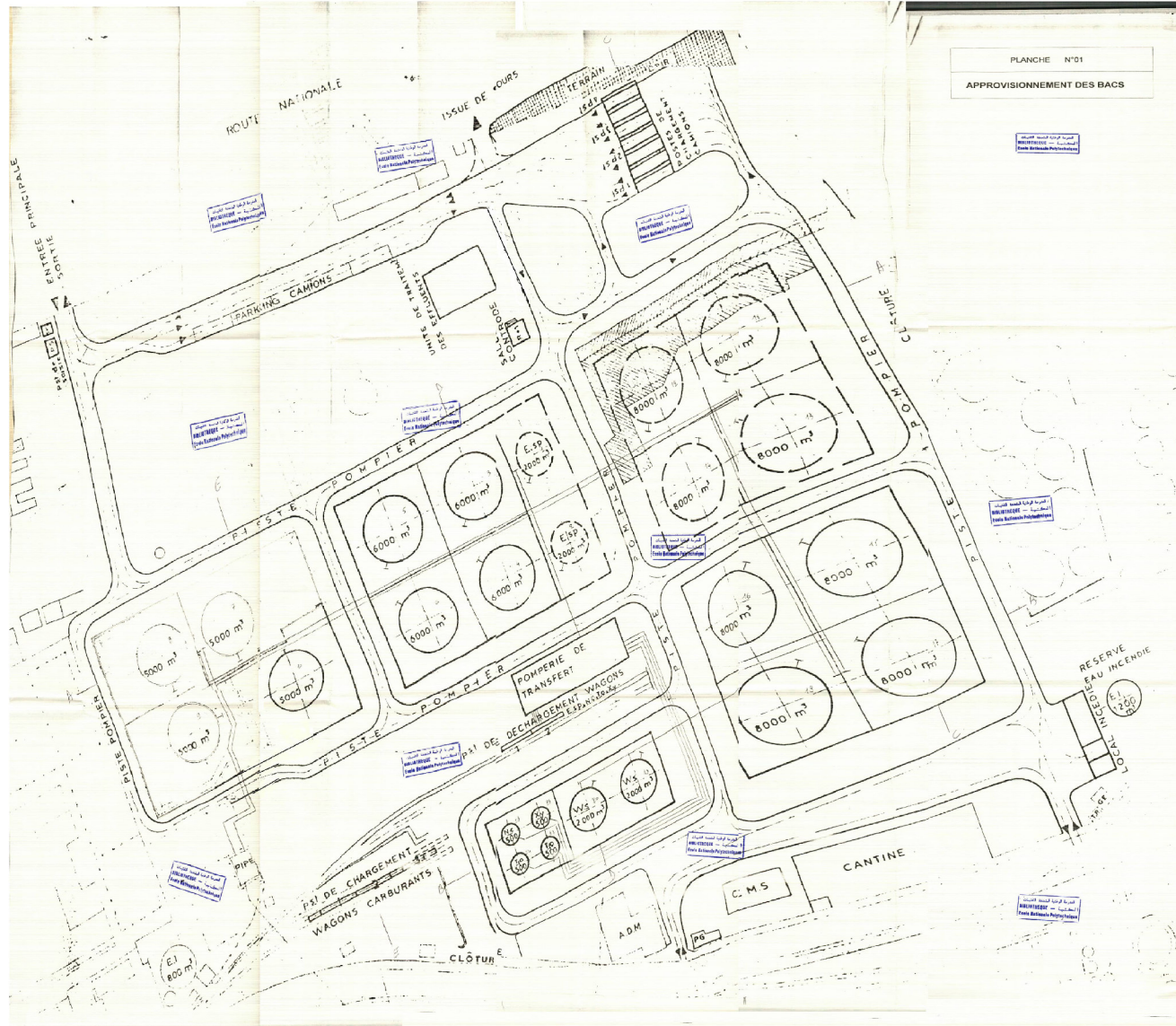
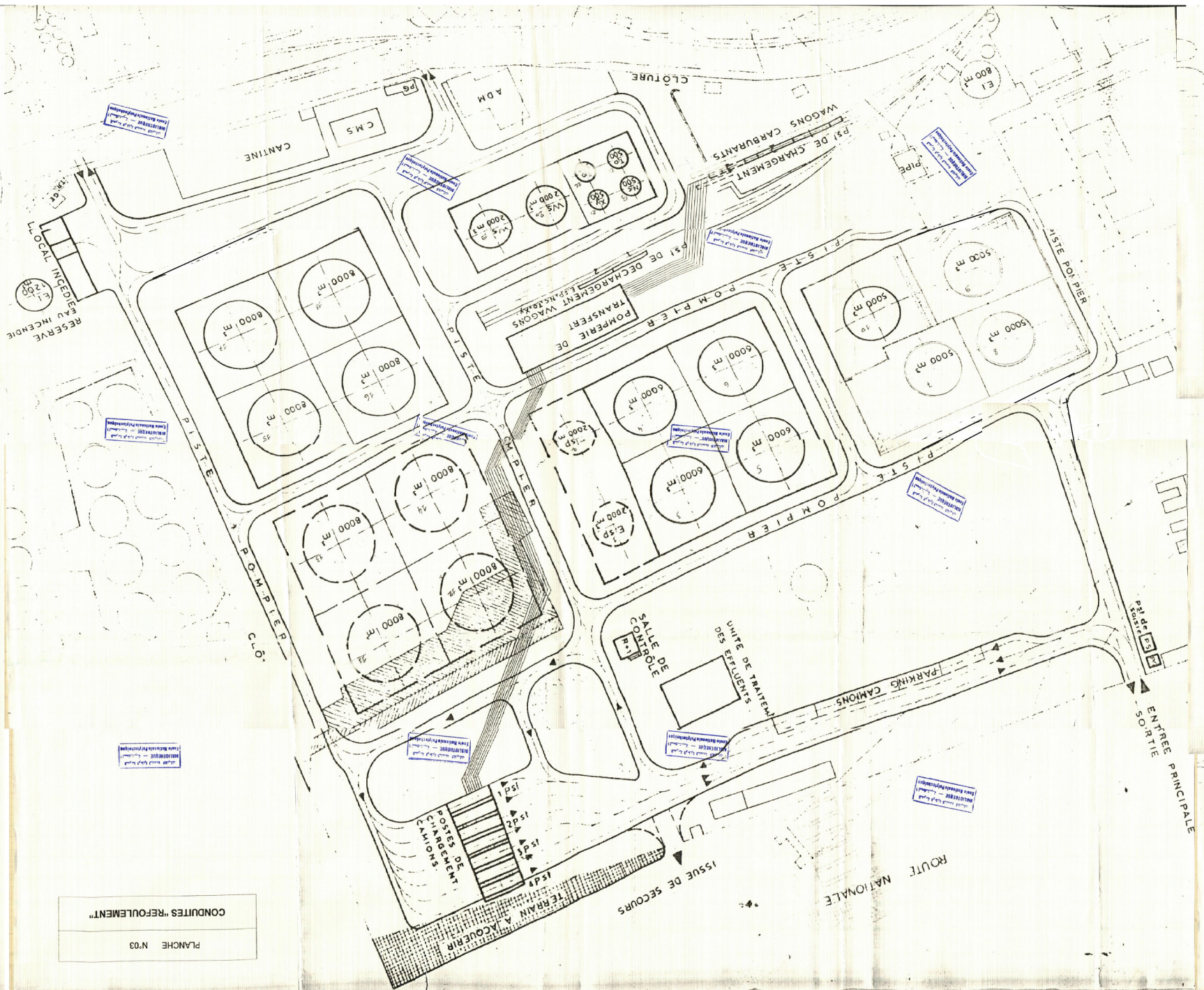


PLANCHE N°01  
APPROVISIONNEMENT DES BACS

مخطط الموقع 001  
تجهيز البواخر  
مخطط الموقع 001  
تجهيز البواخر  
مخطط الموقع 001  
تجهيز البواخر

مخطط الموقع 001  
تجهيز البواخر  
مخطط الموقع 001  
تجهيز البواخر  
مخطط الموقع 001  
تجهيز البواخر

مخطط الموقع 001  
تجهيز البواخر  
مخطط الموقع 001  
تجهيز البواخر  
مخطط الموقع 001  
تجهيز البواخر



CONDUITES "REFOULEMENT"

PLANCHE N°03