

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI – TIZI-OUZOU
FACULTE DU GENIE DE LA CONSTRUCTION
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE



Mémoire de Fin d'Etudes

*En vue de l'obtention du diplôme de Master Professionnel en Génie
Mécanique*

Option : Energétique – Froid, chauffage et climatisation (F.C.C)

THEME

**ETUDE DE DEVELOPPEMENT
D'UN RESEAU DE DISTRIBUTION
DE GAZ NATUREL
APPLICATION A LA VILLE D'AZAZGA**

Réalisé par

→ TOUDJI Khieredine

→ IKHLEF Hakim

Promoteur

M.HADID. M.R

Co promoteur

M.LOURCIS

Promotion 2013-2014

Remerciements

Au terme de notre travail, il nous est agréable d'exprimer notre profonde gratitude à notre promoteur, Mr M.R.HADID pour ses conseils précieux et qui sont d'un apport considérable, ainsi qu'à notre co-promoteur Mr S.LOURCI.

Nous remercions également les membres de jury qui nous feront l'honneur de juger notre travail et l'ensemble des enseignants qui ont contribué à notre formation.

Liste des équations

Eqt.(I.1).....	2
Eqt.(I.2).....	2
Eqt.(I.3).....	2
Eqt.(I.4).....	2
Eqt.(I.5)	3
Eqt.(I.6)	3
Eqt.(I.7)	3
Eqt.(I.8)	3
Eqt.(I.9)	4
Eqt.(I.10).....	4
Eqt.(I.11).....	4
Eqt.(I.12).....	4
Eqt.(I.13).....	4
Eqt.(I.14).....	5
Eqt.(I.15).....	6
Eqt.(I.16).....	6
Eqt.(I.17).....	6
Eqt.(I.18).....	7
Eqt.(I.19).....	7
Eqt.(I.20).....	8
Eqt.(I.21).....	8
Eqt.(I.22).....	8
Eqt.(I.23).....	8
Eqt.(I.24).....	10
Eqt.(I.25).....	11
Eqt.(I.26)	14
Eqt.(I.27)	14
Eqt.(I.28)	15

Liste des équations

Eqt.(I.29)	15
Eqt.(I.30)	15
Eqt.(I.31)	15
Eqt.(I.32)	16
Eqt.(I.33)	16
Eqt.(I.34)	16
Eqt.(I.35)	16
Eqt.(III.1).....	32
Eqt.(IV.1).....	50
Eqt.(V.1)	61
Eqt.(V.2)	61
Eqt.(V.3)	61
Eqt.(V.4)	61
Eqt.(V.5)	62
Eqt.(V.6)	62
Eqt.(V.7)	63
Eqt.(V.8)	65
Eqt.(V.9)	65
Eqt.(V.10)	65
Eqt.(V.11)	65
Eqt.(V.12).....	65
Eqt.(V.13).....	65
Eqt.(V.14).....	65
Eqt.(V.15)	69

Liste des figures

Figure I.1 : Profil de vitesse.....	5
Figure I.2 : Ecoulement monodimensionnel dans un tube du courant.....	15
Figure II.1: Schéma simplifié d'un réseau ramifié.....	19
Figure II.2 : Schéma simplifié d'un réseau maillé.....	19
Figure II.3: Schéma simplifié d'un réseau mixte.....	20
Figure II.4 : Optimum économique.....	24
Figure III.1 : L'écart en technique d'électrosoudage.....	33
Figure III.2 : Etapes du soudage bout à bout.....	36
Figure III.3 : Assemblage par électrofusion.....	36
Figure III.4 :	37
Figure IV.1 : Schéma d'un poste de détente classique de livraison aux distributions publiques (2 lignes + By-pass).....	57
Figure V.1 : Zone 1	69
Figure V.2 : Zone 2.....	71
Figure V.3 : Zone 3	74
Figure V.4 :	78
Figure V.5 :Schéma représentatif de l'ensemble des mailles et des nœuds	79
Figure V.6 :	80
Figure V.7.....	81
Figure V.8.....	82
Figure V.9.....	83
Figure V.10.....	84

Liste des figures

Figure V.11.....	85
Figure V.12.....	86
Figure V.13.....	88

Liste des tableaux

Tab.II.1: Les piquages de branchement destinés aux abonnés industriels (MP) à $Q \geq 100 \text{ Nm}^3/\text{h}$	21
Tab.II.2 : Diamètres commerciaux pour les différents types de réseaux.....	25
Tab.III.1: MRS 80 – SDR 11.....	29
Tab.III.2: MRS 100 – SDR 17,6.....	29
Tab.III.3 : L'espace maximal admissible en technique électrosoudage.....	32
Tab.III.4 : L'ovalisation par diamètre du tube.....	32
Tab.III.5 : L'écart admissible en technique d'électrosoudage.....	33
Tab.III.6: Diamètres des tubes en polyéthylène normalisés.....	43
Tab.III.7 : Les valeurs normalisées du diamètre intérieur du fourreau.....	45
Tab.V.1 : Caractéristique du gaz de HASSI-R'MEL.....	60
Tab. V.2 : Tableau récapitulatif des débits horaires et annuels des abonnés domestiques....	64
Tab.V.3 : Tableau récapitulatif des débits horaires des abonnés non domestique.....	67
Tab.V.4 : Consommation horaire des abonnés domestique de la zone « 01 ».....	69
Tab.V.5 : consommation horaire des abonnés tertiaires de la zone « 01 ».....	70
Tab.V.6 : Récapitulatif du recensement de la zone « 1 ».....	71
Tab.V.7 : Consommation horaire des abonnés domestique de la zone « 02 ».....	72
Tab.V.8 : Consommation horaire des abonnés tertiaires de la zone « 02 ».....	72
Tab.V.9 : Récapitulatif du recensement de la zone « 2 ».....	73
Tab.V.10 : Consommation horaire des abonnés domestique de la zone « 03 ».....	74
Tab.V.11 : consommation horaire des abonnés tertiaires de la zone « 03 ».....	75
Tab.V.12 : Récapitulatif du recensement de la zone « 3 ».....	76

Liste des tableaux

Tab.V.13 : Densité de consommation.....	90
Tab.V.14 : Longueur de conduite pour un diamètre donné.....	90
Tab.V.15 : Résultats de la simulation du réseau.....	91

Sommaire

Sommaire

Introduction générale

Chapitre I : Rappels de mécanique des fluides et de thermodynamique

Introduction.....	1
I.1.Définitions.....	1
I.1.1.Définition d'un fluide.....	1
I.1.2.Liquide et gaz.....	1
I.2.Caractéristiques physiques.....	2
I.2.1.Masse volumique.....	2
I.2.2.Masse spécifique du gaz.....	3
I.2.3.La pression.....	3
I.2.4.Débit.....	3
I.2.5.Température.....	4
I.2.6.Densité.....	4
I.2.6.1.La densité réelle.....	4
I.2.6.2.La densité fictive.....	5
I.2.7.Le phénomène de viscosité.....	5
I.2.7.1.Profil de vitesse.....	5
I.2.7.2.Viscosité dynamique.....	6
I.2.7.3.Viscosité cinématique.....	6
I.3.Rappels thermodynamiques.....	7
I.3.1.Définition d'un gaz parfait.....	7
I.3.2.Equation d'état des gaz parfait.....	7
I.3.3.Equation d'état des gaz réels.....	8
I.3.4.Le pouvoir calorifique.....	9
I.4.Différents régimes d'écoulements.....	10

Sommaire

I.4.1.Nombre de Reynolds.....	10
I.4.2.Les régimes d'écoulements.....	10
I.5.Notions de pertes de charge.....	10
I.5.1.Perte de charge linéaire.....	11
I.5.2.Pertes de charge singulière.....	11
I.5.3.Pertes de charge dans les réseaux de gaz.....	11
I.5.3.1.Les réseaux de distribution en B.P.....	12
I.5.3.2.Les réseaux moyens pression M.P.....	12
I.5.4.Pertes de charges admissibles.....	13
I.5.4.1.Pertes de charges admissibles en B.P.....	13
I.5.4.2.Pertes de charge admissible en MPB.....	13
I.6.Ligne de courant et tube de courant.....	14
I.7.Vitesse du gaz dans une conduite.....	14
I.8.Equation de BERNOULLI.....	14
I.9.Equations de base.....	15
I.9.1.Equation de conservation de masse.....	15
I.9.2.Principe de la conservation de l'énergie.....	16
I.9.3.Bilan de quantité de mouvement.....	16

Chapitre II : Description des réseaux de distribution de gaz

Introduction.....	17
II.1.Définition de différents types de réseaux.....	17
II.1.1.Réseaux de transport.....	17
II.1.2.Réseaux de répartition.....	17
II.1.3.Réseaux de distribution.....	17
II.2.Conception des réseaux de distribution.....	18

Sommaire

a) Tronçon.....	18
b) Nœud.....	18
c) Degré.....	18
d) Point d'injection ou nœud d'injection.....	18
e) Réseau.....	18
II.3. Structure des réseaux de distribution.....	20
II.3.1.Réseau primaire.....	20
II.3.2.Réseau secondaire.....	21
II.3.3.Réseau tertiaire.....	22
II.4.Architecture des réseaux.....	22
II.4.1.Sécurité des personnes et des biens.....	22
II.4.2.Qualité et continuité de service.....	23
II.4.3.Facilité d'exploitation et d'entretien des ouvrages.....	23
II.4.4.Adaptabilité dans le temps des ouvrages.....	23
II.4.5.Optimum économique.....	23
II.5.Dimensionnement	24
II.5.1.Canalisation.....	25
II.5.2.Détermination du tracé.....	25

Chapitre III : Techniques et matériaux utilisés

Introduction.....	26
III.1.Matériaux.....	26
III.1.1.1.Caractéristiques du polyéthylène.....	26
III.1.2.Propriétés des tubes en PE.....	29
III.1.3.Techniques de réalisation.....	30
III.1.4.Limites d'utilisation	30
III.1.5.Recommandations.....	31

Sommaire

III.1.6.Préparation des surfaces.....	32
III.1.7.Précautions de pose du polyéthylène.....	33
III.1.8.Assemblage de polyéthylène.....	34
III.1.8.1.Assemblage par polyfusion.....	34
III.1.8.2.Assemblage bout à bout.....	35
III.1.8.3.Assemblage par électrofusion.....	36
III.1.9.Raccordement PE-métal.....	38
III.1.9.1.Raccords à serrage mécanique.....	38
III.1.9.2.Raccords monobloc.....	38
III.1.9.3.Précautions générales.....	38
III.1.10.Protection.....	38
III.1.10.1.Contre les sollicitations mécaniques.....	38
III.1.10.2.Remontée en coffret.....	39
III.1.10.3.Protection anti corrosion des éléments métalliques.....	39
III.1.10.4.Protection contre les effets de la chaleur.....	39
III.1.10.5.Fourreaux.....	39
III.1.11.Détection des tubes en PE.....	39
III.1.12.Traçabilité.....	40
III.1.13.Accessoires utilisés.....	40
III.1.14.Avantages et inconvénients.....	42
III.1.14.1.Avantages.....	42
III.1.14.2.Inconvénients.....	42
III.1.15.Diamètres des tubes en polyéthylène normalisés.....	43
III.2.Protection des ouvrages.....	44
III.2.1.Protection passive.....	44
III.2.1.1.Les revêtements.....	44

Sommaire

III.2.1.1.1.Caractéristiques des revêtements.....	44
III.2.1.1.2.Différents types de revêtement.....	44
III.2.1.2.Croisement et proximité d’ouvrages métalliques.....	45
III.2.1.3.Fourreaux.....	45
III.2.1.3.1.Particularités du fourreau.....	45
III.2.1.3.2.Colliers d’isolement.....	46
III.2.1.3.3.Insertion.....	46
III.2.1.3.4.Obturbateurs de gaine.....	46
III.2.1.3.5.Remblai.....	46
III.2.1.3.6.Prise de potentiel.....	47
III.2.1.3.7.Fourreaux de longueur réduite.....	47
III.2.2.Protection active.....	47

Chapitre IV: Le rôle des postes de détente

IV.1.Postes de détente.....	49
IV.2.Postes de livraison.....	49
IV.3.Conception des postes de détente.....	50
IV.3.1.La détente.....	50
IV.3.2.Dimensionnement de la section de la conduite d’entrée du poste.....	50
IV.3.3.La sécurité contre les surpressions.....	51
IV.3.4.L’isolement du poste.....	52
IV.3.5.Le bipasse.....	52
IV.3.6.Le comptage.....	52
IV.3.7.Implantation des postes.....	53
IV.3.8.Systèmes de sécurité de pression.....	54
IV.4.Maintenance des postes de détente.....	55

Sommaire

V.8.1.Zone 1.....	69
V.8.1.1.Abonnés domestiques.....	69
V.8.1.2.Abonnés tertiaires.....	70
V.8.1.3.récapitulatif du recensement de la zone 1.....	71
V.8.2.zone 2.....	71
V.8.2.1.Abonnés domestiques.....	72
V.8.2.2.abonnés tertiaire.....	72
V.8.2.3.Récapitulatif du recensement de la zone 2.....	73
V.8.3.Zone 3	74
V.8.3.1.Abonnés domestiques	74
V.8.3.2.Abonnés tertiaires.....	75
V.8.3.3.Récapitulatif du recensement de la zone 3	76
V.9.La consommation totale horaire de pôle urbaine	76
Partie Détermination des diamètres avec APHYRE.....	77
Introduction.....	77
FoV.10.APHYRE : programme d'utilisation du calcul des réseaux gaz.....	77
V.10.1.Procédures d'analyse.....	86
V.11. calculs.....	86
V.11.1.Choix de diamètre principal.....	86
V.11.2.Calcul des pertes de charge.....	88
V.11.3.Analyse des résultats.....	90
V.11.3.1.Densité de consommation de chaque zone.....	90
V.11.3.2.Longueur de conduite pour un diamètre donné.....	90
V.12.Récapitulatif des résultats.....	91
Conclusion.....	92

Conclusion générale

Sommaire

IV.4.1.Essais de fonctionnement.....	55
IV.4.2.Révision.....	56
IV.4.3.Enregistrement des actes de maintenance.....	56
Conclusion.....	57

Chapitre V : Dimensionnement des réseaux

Introduction.....	58
Partie collecte des données et calcul des débits.....	58
V. 1.Le début de l'étude.....	58
V. 2.Présentation de structure.....	58
V. 3.Quelques propriétés du gaz à distribuer.....	60
V. 3.1.Caractéristiques physico-chimiques du gaz naturel de HASSI-R'MEL.....	60
V. 3.2.Masse volumique.....	61
V. 3.3.Pouvoir calorifique.....	62
V. 3.4.Densité.....	62
V. 3.4.1.Densité réelle du gaz.....	62
V. 3.4.2.La densité fictive de référence du gaz.....	62
V.3.5.Viscosité.....	63
V.4.Paramètres climatologiques.....	63
V.5.Données de consommation.....	64
V.6.Consommation unitaire domestique.....	65
V.6.1.Consommation horaire chauffage Ch_{CH}	65
V.6.2.Consommation horaire hors chauffage C_{hHCH}	66
V.6.3.Consommation unitaire totale.....	66
V.7.Méthodes de calcul des consommations des abonnés tertiaires et administratifs.....	67
V.8.Recensement du nombre d'abonnés et consommation par zones.....	69

Nomenclature

Coefficient de perte de charge	λ	-	-
Nombre de Reynolds	R_e	-	-
Facteur de compressibilité	Z	-	[%]
Pertes de charge	ΔP	$L^{-1} M T^{-2}$	[Pas]
Débit circulant dans la conduite	Q	-	[Nm ³ /h]
Variation de l'énergie cinétique	ΔE_C	$L^2 M T^{-2}$	[J]
Variation de l'énergie potentielle	ΔE_P	$L^2 M T^{-2}$	[J]
Température moyenne journalière minimale	$T_{j \min}$	θ	[K]
Température moyenne journalière	T_m	θ	[K]
Travail	W	$L^2 M T^{-2}$	[J]
Chaleur	q	$L^2 M T^{-2}$	[J]
Poids volumique	ω	$T L^{-2}$	[N/Kg]
Perte de charge linéaire	ΔP	$L^{-1} M T^{-2}$	[Bar]
Variation de l'énergie interne	Δu	$L^2 M T^{-2}$	[J]
Viscosité dynamique	μ	$M L^{-1} T^{-2}$	[Kg/ms]
Viscosité cinématique	ν	$L T^{-1}$	[m/s]
Masse volumique de gaz	ρ	$M L^{-3}$	[Kg/m ³]
Perte de charge métrique	$\Delta H/L$	$L^{-2} M T^{-2}$	
Intensité	I	-	[A]
Vitesse moyenne de fluide	V	$L T^{-1}$	[m/s]
L'écart type de $T_{j \min}$	σ	θ	[K]
Section de tube	S	L^2	[m ²]
Temps	t	T	[S]

Nomenclature

Signification	Symbole	Dimension	Unité
Débit horaire hors chauffage	C_{hHCH}	-	[Th/h]
Consommation annuelles hors chauffage	C_{HCH}	-	[Th/an]
Consommation chauffage	C_{CH}	-	[Th/h]
Consommation chauffage de la journée la plus chargée	C_{jCH}	-	[Th/j]
Consommation annuelle	C_T	-	[Th/h]
Débit horaire chauffage	C_{hCH}	-	[Th/h]
Nombre de degrés jour	N_{dj}	θ	[K]
La température seuil de chauffage	T_s	θ	[K]
La température risque 2%	$T_{2\%}$	θ	[K]
La température risque 50%	$T_{50\%}$	θ	[K]
Diamètre de la conduite	D	L	[m]
Densité réelle de gaz	S_g	adim	-
Densité fictive	S'_g	adim	-
Force	F	$M T L^{-2}$	[N]
Longueur de la conduite	L	L	[m]
Masse de gaz	m	M	[Kg]
Pression	P	-	[Bar]
Volume	V	M^3	[m ³]
Gradient chauffage	G	-	[Th/dj]
Nombre de mole	n	-	[Mol]
Masse molaire de gaz	M	M	[g/mol]
Constante universelle des gaz parfaits	R	$L^2 T^{-2} \theta^{-1}$	[J/Kg.K]
Gravité	g	$L T^{-2}$	[m/s ²]

Symboles utilisés par SONAELGAZ

SONELGAZ	Société Nationale de l'Electricité et du Gaz
D.P	Distribution publique
H.P	Haute pression
M.P	Moyenne pression
B.P	Basse pression
M.P.C	Moyenne pression de type C
M.P.B	Moyenne pression de type B
P.C.S	Pouvoir calorifique supérieur
P.C.I	Pouvoir calorifique inférieur
PDAU	Plan directeur d'urbanisme
T.O.L	Taux d'occupation par logement
APHYRE (logiciel)	Analyse physique de réseau
G.D.A	Gestion des abonnés
ZHUN	Zone d'habitation urbaine nouvelle

Introduction

Générale

Introduction générale

A l'heure où la consommation énergétique mondiale explose, l'utilisation du gaz voit son ampleur s'étendre devant les autres sources d'énergie.

Le gaz naturel est considéré comme un combustible plus propre et plus respectueux de l'environnement que la plupart des autres combustibles fossiles. Son avantage comparatif en matière d'environnement par rapport au charbon ou au pétrole réside dans le fait que les émissions de dioxyde de soufre sont négligeables et que les niveaux d'oxyde d'azote et de dioxyde de carbone sont plus faibles.

L'industrie du gaz naturel a été fortement régulée, il y eut un mouvement vers une plus grande libéralisation des marchés du gaz naturel. Cette tendance eut pour conséquence d'ouvrir le marché à une plus grande concurrence et de rendre l'industrie du gaz naturel plus dynamique et plus innovante. En outre, grâce à de nombreux progrès technologiques, le transport et la distribution du gaz naturel vers les consommateurs peuvent se faire d'une manière plus aisée. Ces innovations ont également permis d'améliorer les applications existantes et d'en imaginer de nouvelles.

Dans cette optique, le présent travail intitulé étude de développement du réseau de gaz d'Azazga à pour objectif d'améliorer la qualité de service et de répondre aux besoins des clients dont le nombre ne cesse d'augmenter, vu le développement socio-économique que nous enregistrons présentement.

Pour cela nous avons opté pour un plan de travail suivant :

- 1) Une recherche bibliographique qui nous a permis de faire les rappels sur la dynamique et la thermodynamique des fluides ;
- 2) Choix et optimisation de l'architecture de réseau et définition des méthodes et des paramètres de distribution et nous initier aux techniques utilisés dans l'industrie du gaz ;
- 3) Choix des matériaux et des techniques d'assemblage utilisées dans un réseau de gaz ;
- 4) Le rôle des postes de détente ;
- 5) Collecte et analyse des données du réseau pour le calcul et le dimensionnement de ce dernier et simulation numérique sur le logiciel APHYRE.

Chapitre I

Rappels de Mécanique des Fluides et de Thermodynamique

Introduction

L'étude des projets d'installation de transport et de distribution de gaz nécessite l'emploi de formules rationnelles ou empiriques se rattachant à la statique et à la dynamique des fluides.

Nous allons rappeler dans ce qui suit les notions de mécanique et de physique dont l'application est constante dans les techniques gazières, et ce pour fournir une vue d'ensemble sur l'outillage théorique nécessaire à l'établissement de notre projet.

I.1.Définitions

I.1.1.Définition d'un fluide

Un fluide peut être considéré comme étant formé d'un grand nombre de particules matérielles, très petites et libres de se déplacer les unes par rapport aux autres. Un fluide est donc un milieu matériel continu, déformable, sans rigidité et qui peut s'écouler. Parmi les fluides, on fait souvent la distinction entre liquides et gaz.

I.1.2.Liquide et gaz

- ❖ Un liquide est un fluide occupant un volume déterminé, ou du moins ce volume ne peut varier que très peu, et seulement sous l'action de fortes variations de pression ou de température.
- ❖ Un gaz au contraire occupe toujours le volume maximal qui lui est offert : c'est un fluide essentiellement compressible.

Les principales différences existant entre les liquides et les gaz sont :

- Les liquides sont pratiquement incompressibles tandis que les gaz sont compressibles et doivent être souvent traités comme tels ;
- Les liquides occupent des volumes bien définis et présentent des surfaces libres tandis qu'une masse donnée de gaz se dilate jusqu'à occuper toutes les parties du récipient qui la contient.

I.2.Caractéristiques physiques

I.2.1.Masse volumique : [1]

La masse volumique ou spécifique est définie par la relation :

$$\rho = \frac{M}{V} \quad \text{Eq. (I.1)}$$

Ou :

ρ : Masse volumique en (kg/m^3) ;

M : masse en (kg) ;

V : volume en (m^3).

La masse volumique de l'eau est voisine de $1000\text{kg}/\text{m}^3$ a la température ordinaire. La table (...) indique ses faibles variations en fonction de la température.

La masse volumique d'un gaz parfait est calculable à partir de son équation d'état :

$$\frac{Pv}{T} = r \quad (\text{Gaz parfait}) \quad \text{Eq. (I.2)}$$

Dans laquelle :

P : est la pression absolue ;

v : est le volume massique ;

T : la température absolue ;

r : la constante massique du gaz étudié ;

$$r \approx \frac{R}{M} = \frac{\text{cte molaire des gaz parfait}}{\text{masse molaire}} = \frac{8.314 \text{ J.K}^{-1}}{M (\text{kg})} \quad \text{Eq. (I.3)}$$

Comme $\rho = 1/v$, l'équation (2) peut s'écrire :

$$\rho = \frac{p}{rT} \quad \text{Eq. (I.4)}$$

I.2.2.Masse spécifique du gaz

On appelle masse spécifique (ρ), dans des conditions déterminées de pression et de température, la masse de l'unité de volume. Dans les conditions normales, ρ prend une valeur ρ_0 le poids spécifique $\bar{\omega}$ est le poids de l'unité de volume tel que

$$\bar{\omega} = \rho g \quad \text{Eq. (I.5)}$$

Avec 'g' l'accélération due à la pesanteur.

I.2.3.La pression

Une force F, uniformément répartie sur une surface S, exerce sur cette surface une pression mesurée par le quotient : $\frac{F}{S} = \left[\frac{N}{m^2} \right]$. Eq. (I.6)

❖ Pression effective et pression absolue

Dans la plupart des techniques gazières, on est souvent amené à considérer la différence entre la pression du gaz et la pression de l'air atmosphérique ambiant au même niveau. On appelle cette différence : pression effective.

$$P = P_a + P_e \quad \text{Eq. (I.7)}$$

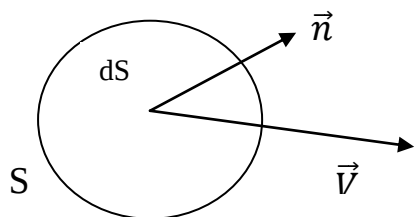
P : Pression absolue.

P_a : Pression atmosphérique.

P_e : Pression effective.

I.2.4.Débit : [2]

Le débit est habituellement déterminé par déduction, en mesurant la vitesse moyenne à travers une section connue. Le débit mesuré par cette méthode indirecte est le débit volumique Q_v .



$$Q_v = \int \vec{V} \cdot \vec{n} dS \quad \text{Eq. (I.8)}$$

Pour l'écoulement par tranche :

$$Q_v = S V \quad \text{Eq. (I.9)}$$

S : Est la surface de section droite de la conduite.

V : Est la vitesse moyenne du fluide.

Le débit volumique Q_v est le volume de fluide qui s'écoule pendant l'unité de temps, le débit massique Q_m est la masse de fluide qui s'écoule pendant l'unité de temps.

Les deux débits sont reliés par la relation : $Q_m = \rho Q_v$ Eq. (I.10)

I.2.5.Température

C'est une grandeur physique qui caractérise la chaleur sensible, elle est mesurée en kelvin (K).

I.2.6.Densité

La densité est définie comme le rapport de la masse volumique du fluide à la masse volumique d'un fluide de référence.

$$d = \frac{\rho}{\rho_{ref}} \quad \text{Eq. (I.11)}$$

Dans le cas des liquides on prendra l'eau comme fluide de référence. Dans le cas des gaz on prendra l'air comme fluide de référence.

Et on distingue la densité réelle et la densité fictive.

I.2.6.1.La densité réelle

C'est le rapport entre la masse d'un certain volume de gaz et le même volume d'air pris dans les mêmes conditions de pression et de température, elle s'exprime par la relation suivante :

$$S_g = \frac{\bar{M}_{gaz}}{\bar{M}_{air}} \quad \text{Eq. (I.12)}$$

$$\text{Avec : } \bar{M}_{gaz} = \sum Y_i \times M_i \quad \text{Eq. (I.13)}$$

Y_i : Fraction molaire d'un composant (i) du gaz

$\bar{M}_{air}$: Masse molaire du mélange air, en supposant que l'air est composé de 21% d'oxygène et de 79% d'azote.

I.2.6.2. La densité fictive

La densité fictive est utilisée dans la relation de Renouard, elle est donnée par la relation suivante :

$$S'_g = S_g \left[\frac{0,22}{\nu} \right]^{-0,2} \quad \text{Eq. (I.14)}$$

Ou :

S_g : Densité réelle.

ν : La viscosité cinématique.

S'_g : Densité fictive de gaz naturel.

I.2.7. Le phénomène de viscosité

Lorsqu'on soumet un fluide réel à une contrainte de cisaillement, le fluide se déforme avec un certain taux de déformation, qui est la variation relative de la distance entre deux points par unité de temps.

I.2.7.1. Profil de vitesse

Sous l'effet des forces d'interaction entre les molécules de fluide et des forces d'interaction entre les molécules de fluide et celles de la paroi, chaque molécule de fluide ne s'écoule pas à la même vitesse. On dit qu'il existe un *profil de vitesse*

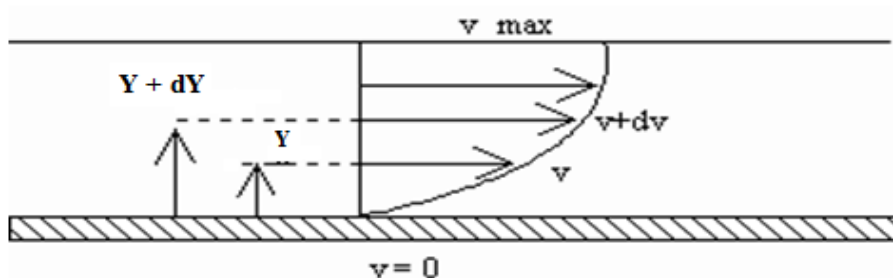


Figure I.1

Si on représente par un vecteur, la vitesse de chaque particule située dans une section droite perpendiculaire à l'écoulement d'ensemble, la courbe lieu des extrémités de ces vecteurs représente le profil de vitesse.

Le mouvement du fluide peut être considéré comme résultant du glissement des couches minces de fluide les unes sur les autres.

La vitesse de chaque couche est une fonction de la distance Y :

$$V = V(Y) \quad \text{Eq. (I.15)}$$

I.2.7.2. Viscosité dynamique

Considérons deux couches de fluide contiguës distantes de ΔX . La force de frottement F_t qui s'exerce à la surface de séparation de ces deux couches s'oppose au glissement d'une couche sur l'autre. Elle est proportionnelle à la différence de vitesse des couches soit ΔV , à leur surface et inversement proportionnelle à ΔX :

La loi fondamentale des fluides visqueux :

$$F_t = \mu S \frac{\Delta V}{\Delta X} \quad \text{Eq. (I.16)}$$

Avec :

F_t : Force de glissement entre les couches en (N) ;

S : Surface de contact entre deux couches en (m^2) ;

ΔV : Écart de vitesse entre deux couches en (m/s) ;

ΔX : Distance entre deux couches en (m) ;

μ : Le facteur de proportionnalité est le coefficient de viscosité dynamique du fluide en (kg/m.s).

I.2.7.3. Viscosité cinématique

Dans de nombreuses formules apparaît le rapport de la viscosité dynamique μ et de la masse volumique ρ . Ce rapport est appelé viscosité cinématique

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad \text{Eq. (I.17)}$$

ρ : Etant la masse spécifique du fluide.

I.3.Rappels thermodynamiques

I.3.1.Définition d'un gaz parfait

Un gaz parfait est un gaz dont les molécules n'interagissent pas entre elles en dehors des chocs et dont la taille est négligeable par rapport à la distance intermoléculaire moyenne.

I.3.2.Equation d'état des gaz parfait

Comme pour tout gaz, l'état d'équilibre thermodynamique d'un gaz parfait est fixé pour n moles de molécules, par deux paramètres macroscopiques, au choix. Les autres paramètres peuvent se calculer à partir des deux paramètres choisis par l'équation d'état.

L'équation la plus couramment utilisée est l'équation des gaz parfaits.

$$PV = nRT \quad \text{Eq. (I.18)}$$

En thermodynamique, une autre version est couramment utilisée :

$$Pv = rT \quad \text{Eq. (I.19)}$$

Dans ces expressions,

P : la pression du gaz (en pascal) ;

V : le volume occupé par le gaz (en m^3) ;

n : la quantité de matière (en mole) ;

R : la constante universelle des gaz parfait ($R = 8,3144621 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$) ;

T : la température absolue (en kelvin) ;

v : le volume massique (ou volume spécifique), l'inverse de la masse volumique ($v = \frac{1}{\rho}$)

(en $\frac{m^3}{kg}$) ;

r : Une constante qui dépend du gaz, elle est définie comme suit $r = \frac{R}{M_{mol}}$ où M_{mol} est la masse molaire du gaz considéré.

Pour l'air, $r = 8,314 472 / (28,965 338 \times 10^{-3}) \approx 287 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

I.3.3. Equation d'état des gaz réels : [3]

Diverses formules ont été proposées pour représenter le comportement des gaz réels.

On citera l'une des plus simple et des plus classiques qui est celle de Van Der Waals :

$$(P + \frac{a}{V^2}) (V - b) = RT \quad \text{Eq. (I.20)}$$

'a' et 'b' étant des caractéristiques du gaz.

L'utilisation d'une telle formule présente des difficultés, aussi préfère-t-on prendre pour équation d'état la formule :

$$PV = ZRT \quad \text{Eq. (I.21)}$$

Le facteur Z, appelé facteur de compressibilité, dépend de la composition du gaz, de la pression et de la température.

Quand la pression tend vers zéro, les interactions moléculaires diminuent, le comportement du gaz tend vers celui d'un gaz parfait et Z tend vers 1.

Pour certains calculs relatifs au gaz naturel on peut se contenter des formules approchées telles que les suivantes :

1. a la température ordinaire et pour $P \leq 70$ bars :

$$Z = 1 - \frac{P}{500} \quad (\text{pour le gaz naturel}) \quad \text{Eq. (I.22)}$$

2. Pour les zones compris entre 70 et 130 bars :

$$Z = \alpha \cdot P^{-2\varepsilon} \quad \text{Eq(23)}$$

Et pour un gaz naturel de pression critique égale a 47,5 bars :

$$\alpha = 1.81 \quad \varepsilon = 0.089$$

3. Une autre formule qui donne une très bonne approximation pour $P \leq 60$ bars est :

$$Z = \frac{1}{1 + j(t)/P} \quad \text{Eq. (I.23)}$$

P : étant exprimé en bar, j(t).10² Prenant respectivement les valeurs 2,65 ; 2,04 ; 1,65 ; pour t = 0°C , 15°C , et 30°C .

I.3.4. Le pouvoir calorifique

Le pouvoir calorifique d'un combustible est la quantité de chaleur exprimée en KWh ou MJ, qui serait dégagée par la combustion complète de un Mètre Cube Normal de gaz sec dans l'air à une pression absolue constante et égale à 1,01325 bar, le gaz et l'air étant à une température initiale de zéro degré Celsius, tous les produits de combustion étant ramenés à Celsius (c'est-à-dire à 0°C et sous une pression de 1013 mbar).

Le pouvoir calorifique du gaz naturel s'exprime en MJ ou KWh par mètre cube.

On distingue 2 pouvoirs calorifiques :

PCS=PCI +Chaleur latente d'évaporation

- **PCS = pouvoir calorifique supérieur** : C'est la quantité de chaleur exprimée en KWh ou MJ, qui serait dégagée par la combustion complète de un Mètre Cube Normal de gaz. L'eau formée pendant la combustion étant ramenée à l'état liquide et les autres produits étant à l'état gazeux.
- **PCI = pouvoir calorifique inférieur** : Il se calcule en déduisant par convection, du PCS la chaleur de condensation (2511 kJ/kg) de l'eau formée au cours de la combustion et éventuellement de l'eau contenue dans le combustible.
- **Chaleur latente de vaporisation** : La combustion d'un produit génère, entre autres, de l'eau à l'état de vapeur. pour la vaporisation de 1 kg d'eau, 2511kJ/kg sont nécessaires. Cette énergie se perd avec les gaz de combustion évacués par la cheminée à moins de condenser la vapeur d'eau et d'essayer de récupérer la chaleur s'y étant accumulée. Certaines techniques permettent de récupérer la quantité de chaleur contenue dans cette eau de combustion en la condensant (chaudière à condensation).

I.4. Différents régimes d'écoulements : [4]

Ces régimes sont définis par le nombre de Reynolds.

I.4.1. Nombre de Reynolds

C'est un nombre sans dimension qui traduit le degré de turbulence de l'écoulement qui est défini comme étant le rapport entre les forces d'inertie aux force de viscosité.

$$R_e = \frac{\rho V D}{\mu} \quad \text{Eq. (I.24)}$$

Avec :

- V : vitesse du fluide [m/s]
- D : diamètre hydraulique [m]
- ρ : masse volumique du fluide [kg/m³]
- μ : viscosité dynamique du fluide [Pa.s] ou poiseuille [Pl]

I.4.2. Les régimes d'écoulements

Suivant la valeur de R_e nous aurons les régimes suivants :

1. Régime laminaire :

Le fluide se déplace en filets parallèles qui ne se mélangent pas. Il apparaît pour les valeurs généralement de $R_e < 2000$.

2. Régime turbulent :

Le fluide se déplace en tourbillonnant, on l'obtient pour des valeurs généralement de $R_e > 3000$.

Entre ces deux régimes, il existe un régime mal défini ou régime troublé (transitoire)

I.5. Notions de pertes de charge

Lorsque le fluide s'écoule dans une conduite, une partie de son énergie se dégrade, sa dégradation peut être causée par les frottements et ou la présence de singularité.

Cette énergie perdue constitue ce qu'il est convenu d'appeler la perte de charge.

I.5.1. Pertes de charges linéaires

Elles sont provoquées par la viscosité, elles prennent naissance lorsque il y a mouvement, et résultant d'un échange de quantité de mouvement entre les molécules ou entre les diverses particules.

I.5.2. Pertes de charges singulières

Elles se produisent aux endroits où il y a singularité, la singularité peut être une vanne, clapet, changement de section ou de direction dans la conduite.

I.5.3. Pertes de charges dans les réseaux de gaz

Dans les problèmes d'études ou d'exploitation des réseaux, les pertes de charge interviennent très fréquemment, aussi, apparaît-il souhaitable de bien en saisir la signification.

Si nous considérons un fluide gazeux se déplaçant dans une conduite entre deux sections quelconques, 1 et 2. L'équation de Bernoulli s'écrit :

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{1}{2} \frac{V_1^2}{g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{1}{2} \frac{V_2^2}{g} + z_2 + \Delta H \quad \text{Eq. (I.25)}$$

$\frac{1}{2} \frac{V^2}{g}$: représente l'énergie cinétique.

$\frac{P}{\rho g}$: représente l'énergie potentielle.

z : représente l'énergie de position.

ΔH : représente la contrainte des forces de frottement.

L'établissement de cette notion se fait en appliquant le principe fondamental de la dynamique à un élément de gaz en mouvement, les hypothèses principales sont : l'écoulement est permanent, et la pression, la masse volumique et la vitesse du gaz sont uniformes dans une section droite.

Les pertes de charges représentent le terme provenant du travail des forces de frottement, et sont donc la différence entre la charge totale et la somme des autres termes.

Dans le cas des conduites de gaz, on s'aperçoit que le terme z , est négligeable devant la pression p .

Les formules utilisées pour les réseaux de distribution et de répartition sont les formules simplifiées de RENOARD, elles sont valables pour des valeurs du nombre de Reynolds inférieures à 2.10^6 . On distingue les cas suivants :

I.5.3.1. Les réseaux de distribution en B.P

Formule établie avec : $\lambda = 0,21 R_e^{-0,20}$

$$P_A - P_B = \Delta P = 233.10^3 s L \frac{Q_0^{1,8}}{D^{4,8}}$$

I.5.3.2. Les réseaux moyens pression M.P [5] :

Formule établie avec : $\lambda = 0,172 R_e^{-0,18}$ tel que $10^4 < R_e < 10^6$

$$P_A^2 - P_B^2 = \Delta P^2 = 48600 s L \frac{Q_0^{1,82}}{D^{4,82}}$$

Dans ces formules nous avons : $P_A - P_B = \Delta P$

$$P_A^2 - P_B^2 = \Delta P^2 \quad (\text{GTDG2001})$$

Où :

s : densité fictive tenant compte de la viscosité.

L : longueur de la conduite en Km.

Q_0 : Débit de gaz en Nm^3/h .

D : diamètre de la conduite en mm.

ΔP^2 : en bars^2

I.5.4. Pertes de charges admissibles

La perte de charge admissible est l'écart possible entre la pression d'émission P_e , de raccordement ou de piquage et la pression minimale P_{min} requise pour le fonctionnement de tout organe ou appareil d'utilisation.

I.5.4.1. Pertes de charges admissibles en B.P

La variation totale de pression dans l'ensemble compteur et installation intérieure de l'abonné est de 2.5 mbar.

La perte de charge maximale ΔP_{max} dans l'ensemble branchement, compteur et installation intérieure de l'abonné est :

$$\Delta P_{max} = (P_e - P_{min}) = (22 - 17) = 5 \text{ mbar}$$

La perte de charge admise dans le branchement est :

$$\Delta P_{brt} = [22 - (17 + 2,5)] = 22 - 19,5 = 2,5 \text{ mbar}$$

I.5.4.2. Pertes de charge admissible en MPB

La pression de distribution en MPB est de 4 bars relatifs. Pour tenir compte des pertes en aval du branchement et éviter des déclenchements intempestifs des détendeurs, en prenant pour pression nominale 0.5 bar.

La perte de charge maximale ΔP_{max} dans le réseau :

$$\Delta P_{max}^2 = (P_e^2 - P_{min}^2) = [(1 + 4)^2 - (1 + 1)^2] = 21 \text{ bar}^2$$

La perte de charge maximale ΔP_{brt} dans le branchement MPB :

$$\Delta P_{brt}^2 = [P_{min}^2 - (1 + 0,5)^2] = (4 - 2,25) = 1,75 \text{ bar}^2$$

I.6. Ligne de courant et tube de courant

- ❖ **Ligne de courant:** En régime stationnaire, on appelle ligne de courant la courbe suivant laquelle se déplace un élément de fluide. Une ligne de courant est tangente en chacun de ses points au vecteur vitesse du fluide en ce point.
- ❖ **Tube de courant :** Ensemble de lignes de courant s'appuyant sur une courbe fermée.
- ❖ **Filet de courant:** Tube de courant s'appuyant sur un petit élément de surface ΔS . La section de base ΔS du tube ainsi définie est suffisamment petite pour que la vitesse du fluide soit la même en tous ses points (répartition uniforme).

I.7.Vitesse du gaz dans une conduite : [5]

Des vitesses de circulations du gaz élevées peuvent constituer une gêne pour les abonnés ; pour minimiser l'effet nuisible, il est préférable de limiter la vitesse à 20 m/s en M.P.B et 5 à 10 m/s en B.P.

$$V = 354 \frac{Q}{P D^2} \quad \text{Eq. (I.26)}$$

Tel que :

V: vitesse en m/s

P: pression absolue en bar.

D: diamètre intérieur en mm.

Q: débit du gaz en m³/h.

La vitesse est généralement un paramètre significatif qui nous permet de juger si le calibre calculé a été bien choisi ou non. Des vitesses trop grandes indiquent que le calibre est petit et réciproquement.

En MP, on peut atteindre des vitesses élevées d'où des problèmes de déplacement de poussière et de bruit. Pour les éviter on retient 20 m/s sur réseau appelé à se développer et 50 m/s sur réseau sans possibilité de développement.

I.8.Equation de BERNOULLI : [6]

Elle traduit la conservation de l'énergie mécanique totale de la particule entre deux sections (1 et 2) dans le champ de gravité et le long d'une ligne de courant. Pour un fluide supposé incompressible et en écoulement permanent on a :

$$P + \frac{1}{2} \rho V^2 + \rho g z = \text{constante} \quad \text{Eq. (I.27)}$$

Avec :

P : Pression statique.

$\frac{1}{2}\rho V^2$: Pression dynamique.

$\rho g z$: Pression due au potentiel.

Par ailleurs, lorsque le fluide en écoulement est un gaz le terme $\rho g z$ est négligeable.

Dans ce cas, l'équation de BERNOULLI s'écrit :

$$P + \frac{1}{2} \rho V^2 = \text{constante} \quad \text{Eq(28)}$$

En présence de perte de charge l'équation (Eq.I.27) devient :

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{1}{2} \frac{V_1^2}{g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{1}{2} \frac{V_2^2}{g} + z_2 + \Delta H \quad \text{Eq. (I.29)}$$

ΔH : représente la contrainte des forces de frottement.

I.9.Equations de base

La résolution des problèmes de mécanique des fluides passe par la recherche des équations le régissant, ces équations sont souvent issues des trois principes suivants :

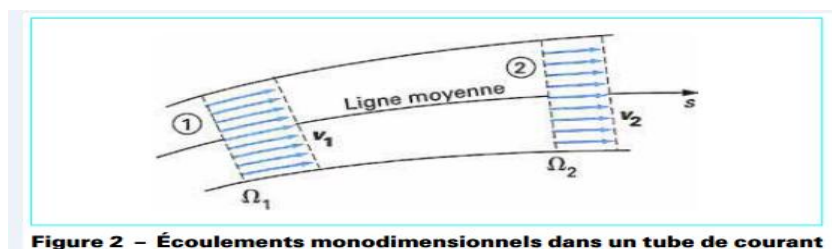
- ✓ Principe de la conservation de la masse ;
- ✓ Principe de la conservation de l'énergie ;
- ✓ Bilan des quantités de mouvement.

I.9.1.Equation de conservation de masse

Pour un écoulement conservatif permanent le débit s'exprime par cette relation :

$$\rho_1 v_1 dS_1 = \rho_2 v_2 dS_2 \quad \text{Eq. (I.30)}$$

Où S_1 et S_2 sont des sections planes perpendiculaires à la ligne moyenne encore appelées sections droites (figure 2) et v_i la composante de vecteur vitesse selon la normale à chacune de ces sections.



Compte tenu de l'incompressibilité de fluide et son caractère d'élément par tranche et l'hypothèse de la constance de cette vitesse sur une section droite et en admettant que la masse volumique ρ soit également constante sur cette section, on peut écrire :

$$\rho_1 v_1 S_1 = \rho_2 v_2 S_2 = Q_m \quad \text{Eq. (I.31)}$$

Où Q_m est le débit-masse du fluide dans le tube de courant.

Si le fluide est incompressible, on a la conservation du débit volumique

$$S V = \text{constante} \quad \text{Eq. (I.32)}$$

I.9.2.Principe de la conservation de l'énergie

Le premier principe de la thermodynamique, l'un des grands principes de la physique qui exprime que l'énergie se conserve. Cela signifie que si l'énergie d'un système varie, forcément ce système a reçu ou a cédé de l'énergie. (L'énergie ne peut ni être créée ni disparaître)

Dans ces conditions on peut écrire que lors d'une transformation :

$$E_{tot} = E_{tot}^f - E_{tot}^i = \Delta U + \Delta E_p + \Delta E_c = W + Q \quad \text{Eq. (I.33)}$$

Lorsque le système est au repos, on retient :

Premier principe : au cours d'une transformation finie d'un système au repos, la variation de l'énergie interne est :

$$\Delta U = U_f - U_i = W + Q \quad \text{Eq. (I.34)}$$

I.9.3.Bilan des quantités de mouvement

La loi de conservation de quantité du mouvement joue un rôle important en mécanique, elle exprime une égalité entre la dérivée par rapport au temps du tenseur de quantité de mouvement d'un domaine fluide (w) que l'en suit dans son mouvement et les forces extérieures auquel il est soumis :

$$\frac{d}{dt} \int_w \rho \vec{V} dw = \int_w \rho \vec{F} dw + \int_s \vec{T} ds \quad \text{Eq. (I.35)}$$

Chapitre III

Description des réseaux de la distribution de gaz

Introduction

Un réseau de distribution est un ensemble d'installations et d'organes permettant d'acheminer et livrer le gaz naturel depuis le lieu d'arrivée (réseau de transport), vers des lieux d'utilisation (le client).

Sonelgaz utilise différents types de réseaux pour alimenter ses clients en gaz naturel, qui sont classés et désignés selon l'importance et l'éloignement de la source :

II.1.Définition des différents types de réseaux : [5]

II.1.1. Réseau de transport

A la sortie de production, le gaz naturel préalablement traité est injecté dans des canalisations en acier pouvant atteindre 1,4 m de diamètre, appelées couramment (Gazoducs). Dans ces dernières, le gaz naturel circule à haute pression (70 bars), a une vitesse qui peut atteindre 30km/h. L'assurance d'une pression stable et d'une vitesse suffisant du gaz transporté sur des milliers de kilomètres est nécessaire. A cette fin, des stations de compression sont construites tout les 150 km environ sur les gazoducs. Elles rétablissent la pression initiale au moyen d'un compresseur.

II.1.2.Réseau de répartition

Il est constitué d'un ensemble de conduits réalisés en PN19 (la pression maximale du service est de 19 bars), son rôle est d'injecter le gaz dans les différents points du réseau de distribution quand celui-ci est incapable d'assurer un service correct. De même, que les réseaux de transports, le réseau de répartition n'alimente que les très grands consommateurs.

II.1.3.Réseau de distribution

Le gaz naturel apporté par les gazoducs est livré soit à des grandes installations industrielles (industries pétrochimiques, station de liquéfaction, centrales électrique,...) ou injecté dans un autre réseau de distribution local (villes, communes, villages,...) après avoir passé une station de réduction de pression appelée {poste de détente}. Les réseaux de distributions acheminent le gaz vers les consommateurs domestiques, les clients commerciaux (boulangeries, bains

maures, cafétérias,...) ou industriels, par des conduites de petits diamètres (10 à 350 mm) qui sont conçues en différentes matières (acier, polyéthylène, cuivre). Ces réseaux fonctionnent avec une pression de 4 bars, pression qui diminue en arrivant chez le consommateur final en utilisant des détendeurs, elle est de l'ordre de 21 mbar pour un client domestique.

II.2. Conception des réseaux de distribution

Un réseau de distribution est composé d'un ensemble de tronçons identifiés par des nœuds, une ou plusieurs sources d'injection et des points de consommation.

a) Tronçon :

Un tronçon i,j est une portion de conduite de diamètre constant, sans concours d'autres conduites sur toute sa longueur L_{ij} .

b) Nœud :

Un nœud peut être :

- Un point d'injection du gaz ou nœud source.
- Une extrémité de tronçons et bout de réseau.
- Le point de concours de plusieurs conduites.
- Le point de changement de section.
- Point à forte consommation ou nœud à forte consommation.

c) Degré :

Le degré d'un nœud est le nombre de tronçons aboutissant à ce nœud.

d) Point d'injection ou nœud d'injection :

Ce n'est autre, qu'un poste de livraison gaz assurant le débit nécessaire à la consommation, au risque de température choisi, et à une pression relative de service qui ne dépasse pas 04 bars.

e) Réseau :

Un réseau est un assemblage connexe de tronçons comportant au moins un nœud d'injection. Il existe trois types de réseaux :

❖ Ramifié :

Afin de permettre la distribution en différents point a partir d'un point (source) S sans que les points soient reliés eux d'une autre manière que par l'unique série de conduite qui les unit à la source. Dans ce cas, il existe qu'un seul parcours possible de la source à l'un quelconque des utilisateurs. Autrement dit c'est un réseau qui ne contient aucune boucle fermée (maille).

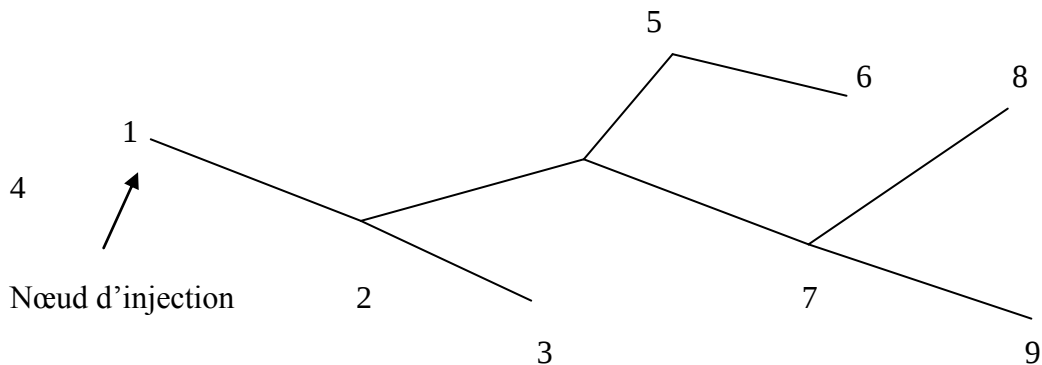


Figure II.1: Schéma simplifié d'un réseau ramifié

❖ Maillé :

Afin de permettre la distribution en tous points à partir d'une source, mais également en permettant une alimentation par divers chemins, ou c'est un système de distribution de gaz que forme ses conduits en boucle appelées souvent mailles, c'est-à-dire que partant d'un nœud donné et poursuivant un chemin précis on se retrouve au même nœud de départ.

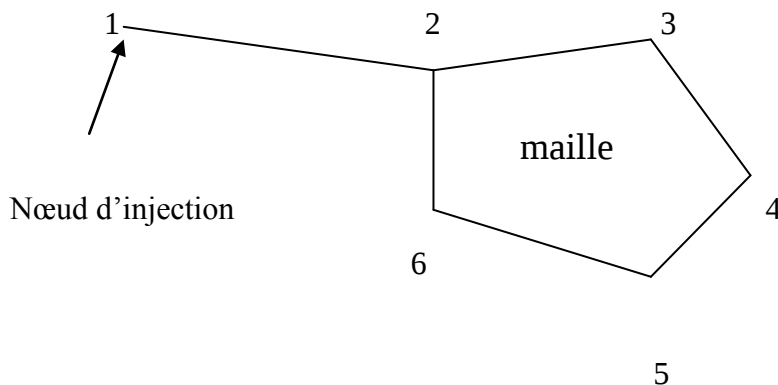


Figure II.2 : Schéma simplifié d'un réseau maillé

❖ Mixte :

C'est la combinaison entre le réseau ramifié et maillé.

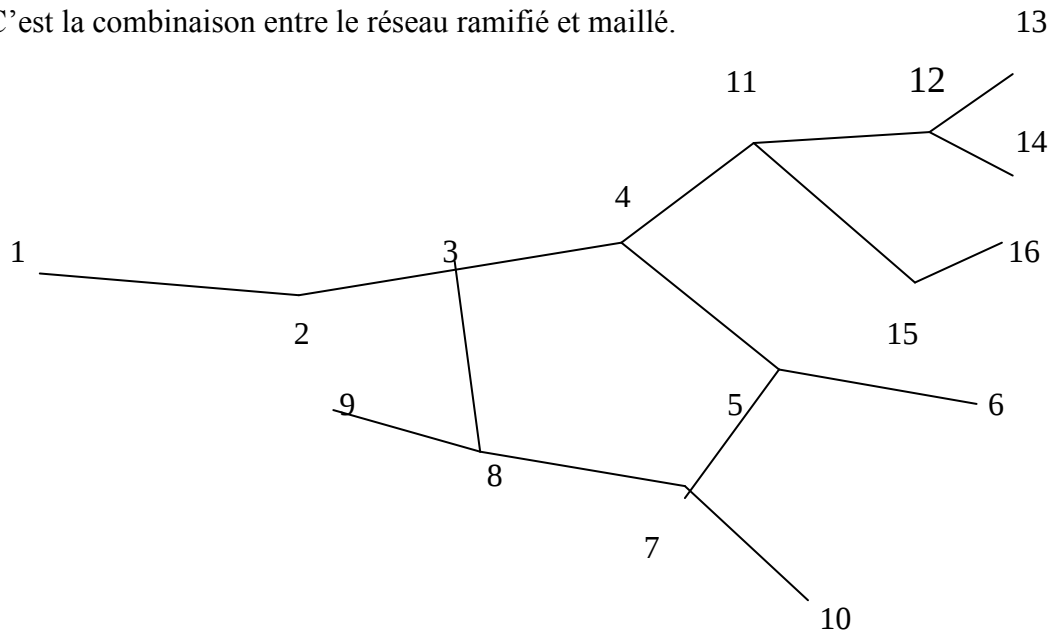


Figure II.3: Schéma simplifié d'un réseau mixte

II.3. Structure des réseaux de distribution

La structure d'un réseau doit mentionner son ou ses points de livraison (source), sa fonction (transite ou distribution), son niveau de pression et l'organisation entre elles de ses canalisation (maillage- antenne). Pour un réseau de distribution, les structures types sont les suivantes :

II.3.1. Réseau primaire

Son rôle est d'alimenter les différents quartiers, il livre le gaz à un réseau secondaire par l'intermédiaire d'un poste de détente mais n'alimente aucun consommateur hormis quelques industriels importants.

Ce réseau est construit en technique MPC, maximum 19 bar, et son tracé, dans la mesure du possible doit éviter les voiries en zone urbaine dense.

Il est prévu pour être maillé à terme :

- Soit prévu bouclé sur lui-même pour constituer une boucle de répartition ;
- Soit inclu entre deux postes de livraison du transport à la distribution.

Les piquages de branchement sur les conduites du réseau primaire sont interdits quelque soit le débit demandé.

II.3.2.Réseau secondaire

Issu d'un réseau primaire ou directement d'un poste de livraison le réseau secondaire transite le gaz en zone à alimenter.

Il est construit en technique MPB, pression maximale de fonctionnement 4 bar, entièrement posé sur la voie publique.

Il dessert :

- Les abonnés situés le long de son parcours ;
- Les canalisations tertiaires, MPC également.

Il est conçu pour être maillé, éventuellement, à terme.

Les piquages de branchement destinés aux abonnés domestiques et tertiaires dont le débit est inférieur ou égale à $65 \text{ Nm}^3/\text{h}$ sont :

- Interdits en piquage direct sur les canalisations de diamètre supérieur ou égal à 90 mm.
- Autorisée, à partir d'une amorce d'extension en diamètre 40 mm ou plus, dans le cas ou le réseau tertiaire est inexistant.

Les piquages de branchement destinés aux abonnés industriels (MP) dont le débit est supérieur ou égale a $100 \text{ Nm}^3/\text{h}$ sont autorisés et ils seront réalisés comme suit :

Diamètre	acier	P.E
Branchement (mm)	≥ 50	≥ 63
Canalisation (mm)	≥ 100	≥ 90

Tab.II.1 : Les piquages branchement destinés aux abonnés industriels (MP) à $Q \geq 100 \text{ Nm}^3/\text{h}$.

Pour les réseaux secondaires le sectionnement minimal correspond au découpage du réseau en tronçons pouvant être mis hors gaz sans influencer la desserte du reste du réseau. Il peut

être réalisé a minimal par robinet de ligne unique ; toutefois, il est souvent préférable, pour les nœuds importants, de mettre en place des sectionnements a dérivations multiples.

II.3.3.Réseau tertiaire

C'est un réseau dont les canalisations servent uniquement à la desserte des usagers. Elles partent d'un nœud du réseau secondaire et n'assurent aucun transit. Elles ont des structures ramifiées. Elles sont exploitées soit en B.P soit en M.P.B.

Les piquages des branchements pour :

- Les abonnés domestique sont autorisés quelque soit le débit demandé ;
- Les abonnés tertiaires sont autorisés pour les débits inférieurs ou égaux à 65 Nm^3/h ;
- Les abonnés tertiaires et industriels sont autorisés pour les débits de 100 et 250 Nm^3/h .

II.4.Architecture des réseaux

Appliquée aux réseaux de distribution de gaz, la notion d'architecture correspond à :

- L'étude de leur conception, pour qu'ils puissent faire face à terme aux développements prévisibles,
- L'étude des différentes étapes de leur évolution.

L'architecture résulte de la conception d'un ensemble de réseaux destinés à satisfaire les consommations à long terme en respectant les critères suivant :

- Sécurité des personnes et des biens,
- Continuité et qualité de service,
- Facilité d'exploitation et d'entretien,
- Adaptabilité dans le temps des ouvrages,
- Optimum économique,

II.4.1.Sécurité des personnes et des biens

Dans ce but le distributeur doit veiller notamment :

- Au choix judicieux des tracés des réseaux primaires et secondaires ;
- A l'application stricte des normes et de la réglementation ;
- A l'élaboration d'un plan de sectionnement (sécurité), permettant d'isoler rapidement un tronçon quelconque défectueux.

II.4.2. Qualité et continuité de service

Elle nécessite :

- Le dimensionnement convenable des ouvrages de telle sorte que les pressions aux points les plus mal desservis à prendre en compte sont, a l'horizon de (20 ans) et au risque 2 % :
 - Pour la M.P.C (moyenne pression type C). réseaux primaires : 16 bars,
 - Pour la M.P.B (moyenne pression type B). réseaux secondaire et tertiaire : 4 bars.
- Le choix d'un matériau fiable ;
- Le contrôle par calcul du fonctionnement correct des schémas de secours en simulant des incidents au risque de température de 50%.

II.4.3. Facilité d'exploitation et d'entretien des ouvrages

Le distributeur doit étudier :

- L'accessibilité permanente des organes de coupure et de tous les ouvrages constitutifs du réseau,
- Les tracés permettant, notamment pour les réseaux primaires, d'éviter les voies encombrées et étroites.

II.4.4. Adaptabilité dans le temps des ouvrages :

La conception des réseaux doit présenter une certaine souplesse en s'adaptant aux fluctuations de la demande.

II.4.5. Optimum économique :

Le distributeur doit rechercher l'optimum économique qui est le coût minimal actualisé de l'ensemble : investissement, exploitation et l'entretien des ouvrages.

Pour faciliter l'exploitation, le réseau sera organisé de la manière suivante :

- Le réseau primaire doit avoir par essence un rôle d'alimentation générale et de ce fait assure des transits importants.
- Lorsqu'il est alimenté par une seule source, le réseau primaire devra, à terme être bouclé.

L'évolution du réseau primaire peut s'inscrire dans la dynamique suivante :

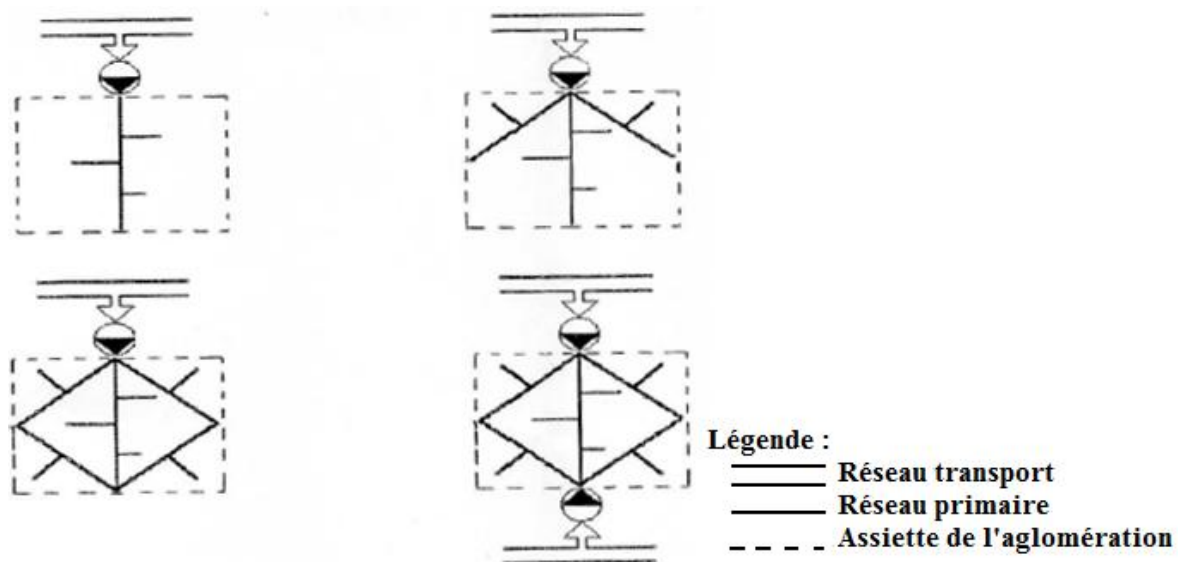


Figure II.4

- Le réseau de conduite dit « secondaire » sera maillé à terme, il assurera une double fonction de transit de gaz et de distribution.

Ce réseau, alimenté par un ou plusieurs postes sources, assure :

- Des transits ;
 - L'alimentation des réseaux tertiaires ;
 - L'interconnexion des nœuds d'où sont issus les réseaux tertiaires ;
 - La desserte locale des branchements des usages.
- Le réseau de conduite dit « tertiaire » ne doit pas être maillé, il sera arborescent. Il assurera exclusivement la desserte locale des branchements des usagers.

II.5.Dimensionnement

Les ouvrages sont dimensionnés sur la base d'une pression relative en service normale de :

- 16 bars pour un réseau M.P.C ;

- 4 bars pour un réseau M.P.B.

Afin que le fonctionnement des blocs de détente alimentés par ces ouvrages soit toujours correct, on retiendra une pression minimale (garantie) au point du réseau le plus défavorisé de :

- 6 bars pour le réseau M.P.C ;
- 1 bar pour le réseau M.P.B, au risque 2 et à l'horizon de l'étude (20 ans).

Les diamètres des canalisations sont normalisés aux valeurs suivantes :

Réseau	Calibre	
	Acier [mm]	P.E [mm]
Primaire	200-300	/
Secondaire	100-150-200-300	90-125
Tertiaire	50	32*-40-63

Tab.II.2 : Diamètres commerciaux pour les différents types de réseaux

II.5.1.Canalisations

Ces organes doivent permettre l'acheminement du gaz d'un point à un autre dans les conditions les plus économiques avec des garanties permanentes aux points de vue du bon fonctionnement, de la sécurité et de l'étanchéité.

(*) Calibre transitoire.

II.5.2.Détermination du tracé

L'emplacement de la canalisation doit faire l'objet d'une étude attentive, précise et détaillée.

En effet, l'emplacement de la canalisation Conditionne sa fiabilité, sa durée de vie et son coût.

L'étude doit permettre :

- La détermination aussi précise que possible de l'emplacement de l'ouvrage au sein de son environnement immédiat ;
- La mise en évidence des points particuliers rencontrés en explicitant, pour chacun d'entre eux, la solution adoptée. Cela peut conduire à la réalisation de fouilles de sondage ;

- La vérification du respect des :

- Règlements
- Normes,
- Spécifications concernant l'ouvrage lui-même ou ceux des autres concessionnaires voisins.

Chapitre III

Techniques Techniques et Matériaux utilisés

Introduction

L'étude et la réalisation d'un réseau de gaz ont pour objectif d'assurer l'alimentation des clients en gaz dans de bonnes conditions. Pour cela SONALGAZ utilise différents types de matériaux et différentes techniques de branchement. La majeure partie des réseaux sont à base de polyéthylène.

III.1. Matériaux : Le polyéthylène [7]

Le polyéthylène est probablement le polymère que nous voyons le plus souvent dans la vie de tous les jours. Le polyéthylène est le plastique le plus populaire au monde. C'est le polymère dont sont faits les sacs des supermarchés, les bouteilles de shampoing, les jouets des enfants, et même les gilets pare-balle. Et ce matériau qui a des usages aussi variés a une structure très simple, la plus simple de tous les polymères du commerce. Une molécule de polyéthylène n'est rien de plus qu'une longue chaîne d'atomes de carbone et d'hydrogènes.

Quelques fois c'est un peu plus compliqué. Parfois les atomes de carbone au lieu d'être liés à des atomes d'hydrogènes, sont liés à de longues chaînes de polyéthylène. On appelle cela polyéthylène ramifié, ou PEBD (polyéthylène basse densité), ou LDPE (low density polyethylene).

Quand il n'y a pas de ramification, on appelle cela du polyéthylène linéaire, ou PEHD (polyéthylène haute densité), ou HDPE (high density polyethylene). Le polyéthylène linéaire est beaucoup plus résistant que le polyéthylène ramifié, mais le LDPE est moins cher et plus facile à fabriquer.

III.1.1. Caractéristiques du polyéthylène

Du point de vue technique et économique, le polyéthylène représente une alternative extrêmement valable aux conduites réalisées avec les matériaux traditionnels tels que la fonte, L'acier, le béton, etc. Le développement considérable et la large diffusion des conduites en polyéthylène sont liés aux caractéristiques particulières de ce matériau.

L'emploi du PE est caractérisé par :

- Propriétés mécaniques.
- Résistance à la corrosion.
- Grande inertie aux produits chimiques.
- Grande souplesse et légèreté.
- Livraison des tubes en grandes longueurs.
- Réduction des sujétions relatives à la maintenance.
- Prix compétitif.

➤ Abrasion :

Le polyéthylène possède une résistance à l'abrasion supérieure à celle de l'acier. Lors de la mise en œuvre, il faut cependant éviter de rayer ou d'entailler la surface extérieure du tube avec des objets aiguisés ; il est donc important de manipuler les conduits avec prudence afin de ne pas créer dans la surface des entailles profondes qui diminueraient les caractéristiques mécaniques de la tuyauterie.

➤ Flexibilité :

La grande flexibilité du polyéthylène et sa capacité de reprendre sa forme primitive suite à une déformation en font un matériau parfait pour absorber les vibrations, les coups et les contraintes dues aux mouvements du sol, apte à être installé dans des zones instables.

➤ Légèreté :

Les conduits en polyéthylène ont un poids spécifique bas ; ils sont faciles à transporter et à installer, ce qui assure une réduction considérable des coûts.

➤ Corrosion :

Le polyéthylène est chimiquement inerte aux températures normales d'utilisation ; c'est la raison pour laquelle il ne se fissure pas, ne se corrode pas et ne subit pas de réduction de l'épaisseur de paroi à la suite de réactions électrochimiques avec le terrain. Il ne favorise pas le développement d'algues, de bactéries ou de champignons. Les propriétés mécaniques du polyéthylène assure aux conduits de pouvoir opérer à des températures mêmes très basses, de l'ordre de -60°C.

➤ Effets chimiques :

Le polyéthylène possède une bonne résistance à une vaste gamme de substances chimiques ; à long terme, en contact avec certains agents chimiques oxydants tels que les acides forts, il peut cependant se dégrader. Les détergents peuvent favoriser la propagation de la fracture, surtout aux températures élevées ; certains solvants (les hydrocarbures comme les pétroles et les huiles) peuvent être absorbés, ce qui réduit la résistance mécanique.

➤ Stabilité thermique :

L'exposition du polyéthylène aux variations ambiantes de température normales ne provoque pas de dégradation, en revanche, lors de la fabrication des conduits le matériau est soumis à des températures de 200°C à 240°C ; pour éviter la détérioration physico-chimique, il est opportun d'ajouter les stabilisants appropriés.

➤ Résistance aux rayons UV :

Pour éviter la dégradation de polyéthylène (vieillessement) due à l'exposition aux rayons ultraviolets (lumière solaire), on ajoute du noir de charbon, stabilisant qui permet d'entreposer les tubes même à l'air libre pendant des périodes de temps prolongés.

➤ Conditions thermiques et électriques :

Le polyéthylène possède une conductibilité thermique très basse mais il est inflammable ; il ne faut donc en aucun cas utiliser de flammes libres pour décongeler les conduites ou pour d'autres opérations particulières.

Les conduites doivent être protégées s'il y a des sources de chaleur à proximité susceptibles de faire monter la température superficielle du tube au-dessus de 60°C. Le polyéthylène est un vrai isolant d'électricité ; aucune précaution particulière n'est donc requise dans la réalisation des réseaux de conduites.

➤ Atoxicité :

Le polyéthylène est un matériau complètement atoxique et donc adapté au transport d'eau potable ou à potabilité.

III.1.2. Propriétés des tubes en PE

Les caractéristiques des tubes en polyéthylène utilisés à la pose des réseaux gaz doivent répondre à la spécification technique : STG A400.

➤ Dimensions et masses :

Calibre nominal (mm)	Poids (kg/m)	Diamètre extérieur (mm)		Epaisseur de paroi (mm)	
		Mini	Maxi	Mini	Maxi
16	0,089	15,8	16,0	2,3	2,45
20	0,156	20,0	20,3	3,0	3,5
32	0,276	32,0	32,3	3,0	3,5
40	0,435	40,0	40,4	3,7	4,3
63	1,050	63,0	63,6	5,8	6,6
90	2,130	90,0	90,9	8,2	9,3
125	4,100	125,0	126,0	11,4	12,8
160	6,700	160,0	161,1	14,6	16,3
180	8,600	180,0	181,2	16,4	18
200	10,500	200,0	201,3	18,2	20,3

TAB.III.1 : MRS 80 – SDR 11

200	6,700	200	201,3	11,4	12,8
-----	-------	-----	-------	------	------

Tab.III.2 : MRS 100 – SDR 17,6

➤ Caractéristiques générales

❖ L'emploi des tubes en polyéthylène décrit dans la présente spécification concerne :

- ✓ Les ouvrages de réseaux enterrés.
- ✓ Les ouvrages de branchement enterrés avec remontée en encastrement maçonnerie, protégé par un fourreau jusqu'au coffret.

- ❖ La pression maximale de service est de 04 bars.
- Qualités des tubes
- ❖ Les tubes en polyéthylène doivent avoir des surfaces extérieures et intérieures propres et lisses et être exemptes de défauts d'importance ou de fréquence, tels qu'ils soient susceptibles d'être nuisible à leur qualité. Par exemple : rayures, piqûres, bulles, etc. ;

Les filets de repérage jaunes sont au moins au nombre de trois, répartis également sur la circonférence du tube.

- ❖ Le marquage illisible ou non conforme (libellé, couleur) et l'irrégularité des bandes de repérage ne sont pas tolérés ;
- ❖ Les extrémités des tubes doivent être protégées contre les chocs et les entrées de corps étrangers par des embouts appropriés.

III.1.3. Techniques de réalisation : [5]

Les tubes PEHD livrés généralement en couronnes et en longueurs pour les diamètres supérieurs à 90mm, sont posés directement dans les tranchées.

Le soudage bout à bout, la polyfusion et l'électrofusion sont les techniques utilisées pour réaliser :

- Des jonctions des tubes PE-PE ;
- Des dérivations ;
- Des raccordements de branchements en PE.

Le raccord métal-plastique est utilisé pour les éléments PE-élément métallique.

III.1.4. Limites d'utilisation : [5]

- Pression de service :

La pression est limitée à la pression maximale de service normale de 4 bars relatifs.

Pour des températures de sol supérieures à 20°C, il est recommandé de corriger la Pms.

➤ **Température :**

Le PE ne doit pas être utilisé dans des zones où la température du tube peut être inférieure à -10°C. Des précautions doivent aussi être prises aux voisinages des sources de chaleur pour que la température du tube ne dépasse pas 30°C en permanence.

➤ **Lumière :**

Dans la partie en élévation, les éléments en PEHD doivent être protégés de l'action directe de la lumière.

➤ **Implantation :**

Le PEHD doit être enterré à l'exception des branchements en façade qui seront réalisés sous fourreau en PVC, évasé sur les cotés et encastré, sans que l'émergence dépasse un mètre et demi.

NB : Il est interdit à l'intérieur des immeubles

III.1.5.Recommandations

- On doit procéder au soudage seulement si la température de la surface à souder, mesurée à la partie supérieure du tube, est comprise entre -5°C et +35°C ;
- Si elle est inférieure à -5°C, on peut envisager le réchauffement des matériels PE avant leur soudage en portant, au moyen d'une enceinte appropriée (par exemple, une tente) la zone de travail et les matériels à une température comprise dans la plage de soudage ;
- Pour éviter tout échauffement des surfaces des matériels PE exposés au soleil et particulièrement pour éviter que leur température dépasse +35°C, il faut, avant le soudage et pendant le temps nécessaire, protéger ces matériels contre le soleil (par exemple au moyen de parasols) ;
- Quel que soit le procédé de soudage appliqué, la zone de la soudure ne doit pas être soumise à aucune sollicitation pendant le soudage et jusqu'au refroidissement complet, l'opération d'immobilisation est impérative.

L'espace maximal admissible en technique électrosoudage entre les tubes selon le diamètre du tube est le suivant :

Φ_{ext}	63	90	125
Espace admissible (mm)	7	9	13

Tab.III.3 : L'espace maximal admissible en technique électrosoudage

- Si l'ovalisation du tube risque de nuire à sa mise en œuvre, il est nécessaire de la réduire en se servant, avec soin, d'outils d'arrondissement pour redonner au tube sa forme circulaire dans la zone de fusion en utilisant par exemple un serre-joint ou un désovaliseur tout en veillant à ne pas dégrader la surface du tube.

$$\text{Ovalisation} = \frac{D_{\text{max}} - D_{\text{min}}}{D_{\text{nominal}}} \quad \text{Eq. (III.1)}$$

Diamètre extérieur		20	32	40	63	90	125
Ovalisation	Sur tube droit	0,5	0,8	1	1,6	2,2	3
	Sur tube enroulé	1,2	2	2,4	3,8	5,4	7,5

Tab.III.4 : L'ovalisation en fonction du diamètre du tube

- Les courbes sont à réaliser autant que possible par cintrage du tube en respectant un rayon minimal de courbure 30 fois son diamètre extérieur :

$$R \geq 30 D_{\text{ext}}$$

- Le polyéthylène est un très bon isolant (résistivité à 20°C $\equiv 106 \Omega \text{ m}$), cette propriété lui confère la faculté de pouvoir donner lieu à l'accumulation de charges électrostatiques. Ces dernières sont générées par les poussières (particules de rouilles provenant des réseaux acier-fonte, les particules de sable) transportés par le gaz. Une mise à la terre du tube à l'aide d'un ruban en coton humide (chiffon mouillé) s'avère donc nécessaire.

III.1.6.Préparation des surfaces

Pour réussir une soudure sur le polyéthylène la préparation des surfaces à mettre en contact est d'une importance décisive.

- Couper les extrémités du tube en équerre avec un coupe tube ;
- mesurer à l'aide d'une équerre, l'écart qui ne doit pas dépasser pour le cas de la technique d'électrosoudage les valeurs indiquées dans le tableau suivant :

Diamètre extérieur	20	32	40	63	90	125
a (mm)	2	2	2	3	4	6

Tab.III.5 : L'écart admissible en technique d'électrosoudage

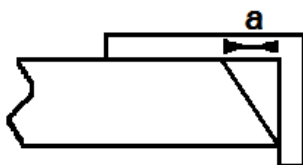


Figure III.1

- gratter régulièrement toute la surface à souder des tubes, utiliser un grattoir et non un abrasif ; l'épaisseur de la matière à enlever varie entre 0,15 et 0,40 mm ;

La longueur de la zone à gratter : $\frac{1}{2}$ longueur du raccord + 1 cm (électrofusion) ;

- nettoyer le tube dans la zone de fusion ; le chiffon servant au nettoyage doit impérativement être non pelucheux. En effet, des fibres restées dans la soudure peuvent entraîner ultérieurement un cheminement du gaz et donc une fuite ;
- enlever les bavures intérieures et extérieures des tubes ;
- essuyer au moyen d'une compresse imbibée (chiffon propre) de liquide de nettoyage (solvant) les surfaces usinées. Le solvant peut être le chlorure de méthylène ou l'acétone, alcool ;
- éviter d'utiliser l'eau et les substances savonneuses pour nettoyer ;
- éviter de toucher les surfaces nettoyées ;
- laisser sécher les surfaces à souder du tube et du raccord ;
- contrôler le bon coulisement des tubes et des raccords.

III.1.7.Précautions de pose du polyéthylène

Il faut vérifier, tout d'abord, que la tranchée est solide,

- éviter de faire tomber les tubes dans la tranchée ;
- manipuler les tubes avec précaution, afin d'éviter de les blesser ou de les frotter contre la paroi de la tranchée ;
- employer de la terre meuble, du sable ou des cales en bois assez larges s'il faut caler les tubes pour les aligner dans la tranchée, ne jamais utiliser des pierres ou autres matières dures ;

- les jonctions des longueurs de tubes entre elles, la mise en place des pièces de forme (Té, réduction, éventuellement coude) des robinets, ainsi que les jonctions correspondantes, sont à réaliser après la pose de tube ;
- éviter à la canalisation le contact avec d'autres structures métalliques (câbles, conduites d'eau, etc.) en maintenant entre elles une distance réglementaire ;
- s'assurer avant l'opération de soudage qu'aucun corps étranger ne se trouve à l'intérieur de la conduite ;
- boucher solidement les extrémités à l'aide de tampons (bouchons) à chaque arrêt de travail sur la conduite ;
- dérouler les tubes en bobine à côté de la tranchée ensuite les mettre en fouille ; il faut faire attention lors de cette opération à ce que le tube ne s'érafle ou ne s'use au contact du sol (ne pas traîner) ;
- laisser refroidir la canalisation à la température du sol avant de procéder au raccordement d'un branchement ou de commencer le remblayage.

III.1.8.Assemblage de polyéthylène

III.1.8.1.Assemblage par polyfusion

Avant toute opération de soudage il faut :

- vérifier si la température du réchauffement est bien réglée au degré voulu ;
- nettoyer les surfaces chauffantes (sabot) avec une raclette en bois ou un chiffon non synthétique.

a) Fusion en selle

- Déterminer exactement l'endroit où la prise doit être soudée ;
- nettoyer soigneusement et laisser sécher les surfaces à souder du tube et de la prise ;
- placer l'outil à souder propre et chauffé à la température recommandée sur le tube et appliquer la prise sur la partie supérieure de l'outil avec une force uniforme. Le temps de chauffage commence maintenant ;
- enlever l'outil à souder (sabot) du tube et de la prise de l'outil à souder quand le temps de chauffage prescrit est expiré ;
- placer la prise sur le tube en appliquant sur elle une pression uniforme pendant un temps bien déterminé ;
- vérifier l'uniformité des bourrelets de soudage.

b) Fusion en douille

- Couper le tube en équerre à l'aide d'un coupe tube et enlever les bavures ;
- nettoyer soigneusement et laisser sécher les surfaces à souder ;
- pousser la bague de réglage sur le tube et fixer la pince à cintrer derrière la bague de réglage. Cette méthode assure que le tube ne soit pas dans le manchon sur une longueur supérieure à celle mesurée ;
- placer le raccord (exemple bouchon) dans la pièce, ce qui assure une maniabilité meilleure du raccord pendant le procédé de soudage ;
- placer l'outil à souder propre et chauffé à la température recommandée entre le tube et le raccord ;
- insérer le tube dans la partie femelle de l'outil et le raccord dans la partie mâle ;
- exercer une pression constante pour tenir ensemble le raccord, l'outil à souder et le tube jusqu'à la fin du temps de chauffage prescrit. Eviter tout mouvement inutile ;
- tirer le tube et le raccord de l'outil à souder avec un mouvement rapide et net ;
- inspecter très rapidement le tube et raccord pour voir si la configuration de la matière fondue est bien uniforme ;
- Pousser le tube dans le manchon avec une force constante jusqu'à ce que la pince à cintrer touche le raccord ; maintenir le tube et le raccord le temps nécessaire prescrit et laisser refroidir entièrement la soudure ;
- Enlever la pince à cintrer et vérifier que les bourrelets de soudage sont égaux.

Remarque :

La technique de polyfusion en douille ou en selle a été abandonnée depuis la généralisation de la technique d'électrofusion.

III.1.8.2.Assemblage bout à bout

La fusion bout à bout est utilisée pour l'assemblage tube à tube et accessoire (spécialement prévu à cet effet, raccords à bouts mâles) de diamètre supérieure ou égale à 90 mm ;

-bien préparer les extrémités des tubes à souder ;

-serrer les sections de tube dans l'abouteuse et s'assurer que le tube est bien supporté horizontalement ;

- situer l'outil de fusion, en s'assurant qu'il a atteint la température recommandée, sur l'abouteuse entre les bouts des tubes et appliquer une pression légère jusqu'à l'apparition d'un cordon continu de matière fondue ;
- séparer avec un coup net le tube de l'outil de chauffe et enlever l'outil de chauffe de l'abouteuse, une fois la période de chauffe écoulée ;
- examiner rapidement les surfaces fondues ;
- mettre en contact les deux extrémités de tubes en respectant le temps recommandé ;
- examiner le joint et laisser le tube dans l'abouteuse pour le refroidissement prescrit.

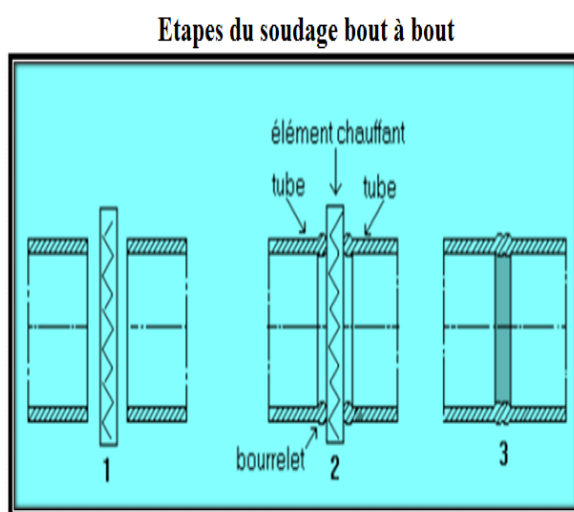


Figure III.2

III.1.8.3.Assemblage par électrofusion

Avant toute opération de soudage il faut :

- vérifier la tension du groupe électrogène ;
- préparer l'automate à souder en vérifiant son bon fonctionnement.



Figure III.3

a) D'un manchon :

- Suivre le travail de préparations des surfaces cité au point 6;
- Nettoyer l'intérieur des manchons s'ils ne sont pas parfaitement propres ;
- Mettre en place le manchon sur les tubes. Pour certains travaux de réparation notamment, enlever la butée centrale du manchon afin de le faire coulisser sur l'un des tubes ;
- Serrer le positionneur et vérifier avant le soudage que les deux tubes sont emmanchés jusqu'au milieu du manchon ;
- Souder le manchon comme indiqué dans les instructions d'emploi de la boîte de contrôle ;
- Laisser refroidir, en respectant le temps prescrit par le fournisseur, avant de retirer le positionneur et de contrôler l'étanchéité de l'assemblage.



Figure III.4

b) D'une prise de branchement :

- Suivre le travail de préparation des surfaces cité en point 6 ;
- Mettre en place la prise (ou la selle-Té) de branchement sur la surface préparée de la conduite principale ;
- Souder la prise sur la conduite comme indiqué dans les instructions d'emploi de la boîte de contrôle de fusion ;
- Laisser refroidir le temps recommandé par le fournisseur ;
- Perçer la conduite en visant le perforateur de la prise avec une clé de manœuvre, après avoir enlevé le bouchon, l'effort de visage diminue quand la conduite est percée ;
- Dévisser le perforateur pour que sa face supérieure affleure le haut de la prise, et remettre en place le bouchon avec son joint torique en le vissant et en le serrant à la main ;
- Vérifier sous pression l'étanchéité de l'ensemble.

III.1.9.Raccordement PE-métal

Ces raccords sont réalisés au moyen de raccords métal-plastique de deux types :

III.1.9.1.Raccords à serrage mécanique

La jonction raccord-métal est, suivant les modèles :

- A souder sur acier ;
- A braser sur cuivre ;
- A jonction sphéroconique.

III.1.9.2.Raccords monobloc

Raccords « monobloc » à souder sur acier et sur PE. La jonction métal-plastique est réalisée en usine, elle est indémontable (si nécessaire, on peut souder une bride sur l'extrémité acier du raccord).

III.1.9.3.Précautions générales

La mise en œuvre des raccords métal-plastique requiert les précautions générales suivantes :

- Le raccord doit être placé sur une ligne droite (à défaut, on peut placer de part et d'autre du raccord un fourreau rigide permettant de maintenir l'alignement des éléments à raccorder) ;
- La protection passive des parties acier tube et du raccord doit être obtenue par enrobage à froid ;
- Dans le cas d'un raccord à souder sur PE et sur acier, les précautions à prendre pour le soudage du PE sont celles des électro soudables. Pendant le soudage de l'acier, il faut assurer la protection de la partie PE du raccord, ainsi que celle du tube, contre les projections de métal en fusion ;
- Les serrages des raccords mécaniques doit être effectué à l'aide d'une clé dynamométrique et en respectant le couple de serrage propre à chaque matériel.

III.1.10.Protection

Les protections habituelles utilisées pour les ouvrages en matériaux traditionnels sont valables, toute fois, la nature de PE impose des dispositions particulières.

III.1.10.1.Contre les sollicitations mécaniques

Les matériaux de remblai entourant la conduite en PE doivent être exempts d'éléments risquant de blesser le tube.

De même, pour éviter le cisaillement et le poinçonnement dus à l'existence d'angles saillants à proximité (coupe de fourreau, massif en béton, fourreau métalliques ou en ciment), le tube en PE doit être maintenu dans sa position par un élément rigide (fourreau en PVC avec extrémités évasées).

III.1.10.2.Remontée en coffret

La protection de la partie aérienne du PE débouchant dans le coffret est assurée par des fourreaux en PVC encastrés.

Le PE peut avoir un rayon de courbure égale au moins à 12 fois son diamètre extérieur.

$$R \geq 12 \times D$$

Malgré la présence du fourreau la réfection du sol au moyen de produits chauds risque d'endommager le tube PE. Pour l'éviter, si le coffret est encastré, on rebouche préalablement la saignée dans laquelle est placé le fourreau dans le mur. Si le coffret est en saillie, on protège le fourreau PVC au niveau du sol afin qu'il ne soit pas au contact des ces produits.

III.1.10.3.Protection anti corrosion des éléments métalliques

Seul l'enrobage à froid est autorisé.

III.1.10.4.Protection contre les effets de la chaleur

Les ouvrages doivent être éloignés des sources connues et potentielles de chaleur (collecteur d'égout industriel, proximité d'un câble électrique), sinon il y'a lieu d'utiliser des écrans thermiques.

III.1.10.5.Fourreaux

Dans la plupart des cas le fourreau est une protection suffisante aussi bien mécanique que thermique. En l'utilisant comme protection thermique au voisinage d'une source de chaleur il est recommandé de centrer le tube et d'assurer la ventilation en faisant déboucher, en surface du sol, des événements placés à ses extrémités.

III.1.11.Détection des tubes en PE

La détection de tube à gaz en polyéthylène enfouis dans la terre est possible en plaçant un fil en cuivre (fil traceur). Elle consiste à émettre un signal électromagnétique actif le long de fil. Ce signal, véhiculé ce fil traceur, est identifié sur toute sa longueur, même dans des zones encombrées de signaux parasites, par un détecteur portatif avec lequel on suit le tracé de la conduite à la surface de sol.

III.1.12.Traçabilité

La traçabilité, c'est la capacité de suivre « à la trace » les informations concernant un élément du réseau en PE par mémorisation systématique en banque de données informatisées.

Ces informations regroupent essentiellement :

- Les données caractérisant l'assemblage (machine à souder, date du chantier, paramètres de soudage, température, nom et qualification du soudeur, etc.) ;
- Les données relatives à la caractérisation géographique du chantier.

L'ensemble de ces données nous permet de réduire sensiblement les frais d'exploitation du réseau en permettant, entre autres :

- La disponibilité immédiate, en cas d'avaries en série, de données relatives à l'emplacement géographique de chaque assemblage et aux types de matériels utilisés ;
- La prise en compte du vieillissement potentiel du réseau en vue de fixer les ordres de priorité pour les actions de renouvellement. La mise en place d'un tel système contribuera à l'élaboration d'une qualité globale des ouvrages, élément primordial pour le respect de l'exigence la plus essentielle : la sécurité.

III.1.13.Accessoires utilisés : [8]

Disposition du réseau :

Compte tenu des caractéristiques des tubes en PE, les distributions de gaz naturel en matière plastique doivent être disposées quelque peu différemment des réseaux en acier et en cuivre.

Vanne :

Il est nécessaire d'installer des vannes principales de sectionnement dans les zones d'utilisation disposant d'équipes en réparation pouvant rapidement déterrer les lignes principales. Il existe des pince-tubes spéciaux capables d'obturer des tubes de 125 mm pour arrêter le débit de gaz si besoin est. Le système exigera évidemment toujours des vannes principales aux fins de tests et de purge, mais dans leur rôle étroit de vanne d'isolement, elles deviennent superflues, et l'élimination d'un certain nombre de ces vannes entraînera des économies importantes.

Raccords :

En général, on se sert pour les réseaux de PE, des mêmes raccords que pour l'acier et le cuivre. Les bouchons, coudes, Té et réducteurs sont disponibles dans toutes les dimensions

sous forme de raccords de fusion en douille. Pour le diamètre 90 et 125 mm, il serait peut être possible à l'avenir de les obtenir sous forme de raccords de fusion bout à bout.

Il est possible de se procurer des raccords pour fusion en selle, des selles-tés de branchement et selles de branchement pour le raccordement de canalisation de plus petits diamètres à partir de 63 mm et plus, les raccords sont réunis par fusion à chaud à la paroi extérieure du tube. Il existe aussi des raccords servant à réunir le tube PE aux tubes d'acier ou de cuivre.

Raccords AMP :

Ce sont des raccords spéciaux que l'on installe avec outils appropriés et qui assurent une jonction extrêmement solide entre des éléments de tubes plastiques de faible diamètre ou entre le tube plastique et la tuyauterie cuivre. Ils se composent de trois parties :

Un corps principal en nylon avec renfort intérieur incorporé en laiton et deux anneaux en inox qui sont emmanchés à force, avec un outil spécial, sur le corps du raccord pour rendre le joint étanche.

Joints à garniture élastique :

Ils se composent d'un bloc principal évasé aux extrémités pour guider la garniture élastique d'étanchéité, une garniture élastique, et un dispositif pour la faire pénétrer en force dans la partie évasé du corps. Un renfort inséré séparé peut être utilisée avec ces raccords. Ils ont une résistance faible au retraitage, il faut les employer que lorsqu'aucun autre type de joint ne convient. On préfère utiliser la jonction par fusion à chaud ou les raccords de transition quand il s'agit de raccorder des tubes plastiques ou de faire des branchements de plastique sur de l'acier.

Raccords de transition :

Ce sont des raccords assemblés à l'usine entre tube d'acier et de PE, leurs conceptions répondent essentiellement aux mêmes principes généraux que les raccords AMP, quoi que leur apparence soit très différente. On utilise une grosse presse hydraulique pour évaser l'extrémité d'une courte section de tube acier. On entre à force un court morceau de tube de PE dans la section évasée et un renfort intérieur est ensuite inséré de force dans le tube plastique pour résister aux efforts de compression. Il existe des raccords de transition pour les tubes de PE de 32 mm et de diamètre supérieur.

III.1.14. Avantages et inconvénients

III.1.14.1. Avantages :

Les tubes en polyéthylène ont des avantages significatifs par rapport aux tubes de cuivre ou d'acier, soit ;

- Le polyéthylène n'étant pas conducteur, n'est pas sujet à la corrosion galvanique ;
- Le polyéthylène est un matériau thermoplastique, facile à assembler par chauffage et contact sous pression des pièces composantes. Le joint qui résulte devrait être aussi solide que les composants eux-mêmes ;
- Le polyéthylène étant flexible de délivrer sur bobines de grandes longueurs de tubes de faibles diamètres comme on le fait pour les câbles ;
- Ceci a pour avantages de réduire considérablement le nombre de joints nécessaire et permet toutes sortes de changement d'origine et de niveau sans avoir besoin de raccords ;
- Grâce à leur flexibilité, les tubes de polyéthylène, peuvent être obturés par pincage à l'aide d'outils spéciaux en cas d'urgence, ce qui équivaut à la présence de vannes situées exactement aux endroits voulus. C'est là un avantage énorme puisqu'un tel réseau de canalisation exige beaucoup moins de vannes permanentes, nécessaires normalement pour parer au danger.

III.1.14.2. Inconvénients :

Malgré ces avantages importants, le polyéthylène est doté de certaines caractéristiques que l'on peut considérer comme des faiblesses par rapport à l'acier ou au cuivre.

- La flexibilité du polyéthylène qui rend apte à l'enroulement, signifie par contre qu'il s'agit d'un matériau plus tendre, donc plus exposé aux dommages pendant le transport ou la mise en place ;
- Le polyéthylène étant un thermoplastique, donc facile à assembler à chaud, est également moins robuste aux températures élevées ;
- Les tubes de polyéthylène peuvent être enterrés n'importe où, mais ne doivent jamais posés au-dessus de sol, même avec une gaine protectrice, car la température d'utilisation ne doit pas excéder à 40 °C.

III.1.15.Diamètres des tubes en polyéthylène normalisés : [8]

Calibre nominal (mm)	Diamètre intérieur (mm)
16	11,4
20	14
32	26
40	32,6
63	51,4
90	73,6
125	102,2
160	130,8
180	147,2
200	163,6
250	221

Tab.III.6

III.2. Protection des ouvrages : [9]

III.2.1. Protection passive

III.2.1.1. Les revêtements

Le but de revêtement est d'isoler les canalisations du milieu environnant pour limiter l'intensité globale du courant de protection et améliorer ainsi la portée des installations.

III.2.1.1.1. Caractéristiques des revêtements

Un bon revêtement doit répondre aux impératifs suivants :

- Une résistance électrique élevée en vue de s'opposer aux phénomènes électrochimiques qui se produisent entre la paroi de la canalisation et le milieu ; elle doit être supérieure à 10^4 m^2 ;
- Une étanchéité à l'eau ainsi qu'à la vapeur d'eau afin d'empêcher la pénétration de toute trace d'humidité à travers le revêtement ;
- Avoir une bonne inertie chimique, c'est-à-dire résister avec efficacité à l'action des corps chimiques se trouvant dans le milieu environnant ;
- Une bonne adhérence à la surface du métal à recouvrir pour que les corrosions ponctuelles ne puissent pas se propager ;
- Une bonne résistance mécanique de façon à supporter les efforts imposés aux revêtements lors de manipulations avant ou pendant les opérations de mise en fouille, et en cours d'exploitation après enfouissement ;
- Une bonne résistance aux chocs pour limiter la détérioration du revêtement au cours du transport, du stockage, de la descente en fouille ainsi que du remblayage de la tranchée ;
- Une bonne résistance thermique, car l'élévation de température peut provoquer un ramollissement du revêtement pouvant aller jusqu'à la fusion, d'où perte d'adhérence et modification chimique du produit par oxydation.

III.2.1.1.2. Différents types de revêtement

Les canalisations en acier destinées à être enterrées doivent être protégées au moyen d'un revêtement appliqué à chaud ou à froid, ces revêtements sont :

- Revêtement à liant hydrocarboné (type C) ;
- Revêtement par bande adhésive (à froid) ;

- Revêtement en PE extrudé ;
- Revêtement par gaine thermo rétractable (revêtement des joints soudés).

III.2.1.2.Croisement et proximité d'ouvrages métalliques

Pour éviter tout contact avec les autres ouvrages métalliques enterrés, tels que canalisations d'eau, de gaz, câbles électriques, câble P.T.T, etc., ainsi qu'avec les dispositifs d'accrochage métallique de l'ouvrage à protéger, les précautions suivantes doivent être prises :

- Maintenir une distance d'au moins 20 cm entre les tubes d'acier et les autres structures métalliques ; si cette distance ne peut pas être respectée, il est nécessaire de prévoir des plaques ou demi-coquilles (les fourreaux sont à exclure) non métalliques : fibrociment, béton non armé, PVC, etc. ; intercalées entre les deux structures ;
- Réaliser l'isolement entre les tubes et les tabliers des ponts métallique sur lesquels ils peuvent être accrochés.

III.2.1.3.Fourreaux

Il s'agit d'équipements utilisés au moment de la pose pour un croisement d'une voie de chemin de fer, traversée de routes, passage d'entrée d'immeuble.

Il existe deux types :

- Les fourreaux de grande longueur (supérieurs à 10 m), en acier nu ;
- Les fourreaux de longueur réduite (inférieur à 10 m), en béton, en fibrociment.

Exemple : fourreau de traversée de voie ferrée, longueur inférieure à 50 m.

III.2.1.3.1.Particularités du fourreau

Il doit être rectiligne et soudé sans bavures intérieures pour ne pas détériorer le tube lors de son insertion.

Le diamètre intérieur du fourreau doit être supérieur au diamètre extérieur du tube, suivant le tableau ci-dessous :

Diamètre extérieur du tube (D)	Différence minimale entre les diamètres du fourreau et du tube
Diam < 114,3mm	45 mm
$114,3 \leq \text{diam} < 406,4\text{mm}$	90 mm
Diam $\geq 406,4$ mm	180 mm

Tab.III.7 : valeurs normalisées du diamètre intérieur du fourreau

III.2.1.3.2.Colliers d'isolement

Il doit être vérifié lors de la pose, que les colliers d'isolement, en place sur le tube revêtu passent effectivement librement à l'intérieur du fourreau.

Ils doivent être posés avec soin. Les écartements entre les différents segments du collier doivent être également répartis. Dans le cas où le collier comporte une boulonnerie, celle-ci sera de préférence en plastique. Les tiges d'assemblage qui dépasseraient des écrous seront raccourcies.

Les écartements entre colliers doivent être calculés en tenant compte du poids du tube et de la charge admissible par colliers.

Un collier doit être placé au plus près de chaque extrémité du fourreau. Les efforts sur ces colliers étant supérieurs, il y a lieu de les doubler ou de s'assurer que l'écartement avec le collier voisin ne dépasse pas 0,50 m.

Les patins des colliers successifs ne doivent pas être alignés mais placés en quinconce.

III.2.1.3.3.Insertion

L'opération doit être effectuée précautionneusement, avec un tube dont le revêtement a été particulièrement bien contrôlé.

Au cours de l'insertion, le tube doit être maintenu parfaitement en ligne avec le fourreau afin d'éviter les blessures du revêtement.

III.2.1.3.4.Obturateurs de gaine

L'étanchéité du fourreau est complétée en extrémité par des bouchons souples devant encaisser au mieux les mouvements relatifs du tube par rapport au fourreau. Un bouchage trop rigide est inadapté.

III.2.1.3.5.Remblai

Les efforts dus au remblai et au tassement des terres, surtout du côté de la niche de forage, sont à l'origine de beaucoup de défauts. Il y a donc lieu de les éviter en effectuant un soutènement du tube par un remblai soigné de la niche. Ainsi tout mouvement du tube au voisinage du fourreau est amoindri et les efforts sur les colliers d'isolement sont diminués d'autant.

III.2.1.3.6.Prise de potentiel

Afin de permettre les mesures de potentiel, un câble est fixé à une extrémité du tube pour les traversées inférieures à 50 mètres. La mesure du potentiel du fourreau peut se faire :

- Soit sur le tube d'aération, s'il existe et s'il est enrobé ;
- Soit par l'intermédiaire d'un câble raccordé sur le fourreau.

Pour les fourreaux de longueur supérieure à 50 m, le dispositif ci-dessus est prévu à chaque extrémité du fourreau.

III.2.1.3.7.Fourreaux de longueur réduite

Ces fourreaux de longueur inférieure à 10 m sont utilisés pour faciliter la pose de l'ouvrage : croisement d'un égout ou passage d'une entrée d'immeuble par exemple.

On utilisera de préférence, des matériaux tels que ciment, béton, fibro-ciment et tous matériaux qui permettent l'écoulement des courants générés par la protection cathodique.

Pour ces fourreaux de faible longueur, on se recherchera pas à assurer l'étanchéité du fourreau.

Toutes ces précautions doivent être prises au moment du remblai pour éviter un contact canalisation-fourreau.

III.2.2.Protection active

Compte tenu des imperfections des protections passives, la protection totale contre les corrosions de tous les types ne peut être assurée que par les protections actives.

Il faut souvent associer protection cathodique et protection contre les courants vagabonds pour obtenir la protection absolue contre la corrosion des réseaux qui sont soumis à cette dernière influence.

Protection cathodique

Elle a pour but d'empêcher toute corrosion de quelque type que ce soit en polarisant négativement le métal par rapport au sol, en dessous d'un certain seuil qui est fixé pour chaque métal dans un milieu donné. Il en résulte qu'en tout point du tube, et en permanence, entre dans le métal une certaine quantité de courant par unité de surface (densité de courant)

qui dépend du nombre de défauts de revêtement au mètre linéaire (résistance d'isolement) et de gain potentiel du tube par rapport au sol.

Le critère de protection cathodique choisi est donc le potentiel maximal auquel il faut porter le métal par rapport au sol. Cette mesure s'effectue à l'aide d'une électrode de référence, généralement au cuivre/sulfate de cuivre. Dans ces conditions, la protection cathodique :

- Du fer est assuré en dessous de -850 mV ;
- Du cuivre est assuré en dessous de -250 mV ;
- Du plomb est assuré en dessous de -580 mV.

Ces potentiels minimaux doivent être atteints en chaque point du métal considéré en contact avec le sol, indépendamment du champ électrique existant dans celui-ci.

Chapitre IV

Le rôle des postes de détente

IV.1. Postes de détente

Le gaz naturel provient aujourd'hui de sources éloignées. Il faut donc l'acheminer jusqu'aux centres de consommation au moyen de canalisations qui, pour des raisons économiques, doivent fonctionner sous des pressions élevées. Pour les mêmes raisons, et grâce précisément au fait que le gaz est disponible sous pression, sa distribution peut être assurée par des réseaux fonctionnant sous quelques bar (réseau Moyenne Pression, MPB, 4 bar) et éventuellement sous des pressions plus élevées mais restant inférieures à celles utilisées pour le transport.

Le gaz arrivant dans un centre de consommation par une canalisation de transport va donc, avant d'être livré à un abonné (alimentation d'un particulier sous 21 mbar) passer successivement dans des réseaux fonctionnant sous des pressions de plus en plus faibles.

Lorsque le gaz est envoyé d'un réseau MPC vers un réseau MPB, ou lorsqu'il est livré à l'abonné à partir d'un réseau MPC ou MPB, il est nécessaire d'abaisser sa pression.

L'abaissement de la pression est réalisé au moyen d'installations appelées poste de détente.

IV.2. Postes de livraison

Les postes de livraison sont situés à la sortie du réseau de transport et servent à alimenter les réseaux de distribution (MPB, MPC) ou les clients industriels raccordés directement sur le réseau de transport.

Le poste de livraison à une distribution publique (« DP ») alimente des réseaux dits moyenne pression B (MPB, pression 4 bar) ou moyenne pression C (MPC, entre 4 et 20 bar). Ce poste doit avoir une plage étendue de fonctionnement, allant du débit de nuit d'été au débit de pointe d'hiver. Il faut en outre suivre au fil des ans les accroissements d'émission. La pression a besoin assez souvent d'être réglée avec précision.

Le poste de livraison à un client industriel livre du gaz à une pression de livraison adaptée à l'usage du client (de 1,5 bar pour une chaufferie à 20 bars ou plus pour une turbine à gaz). Les débits peuvent être précisés par le client ainsi que leur croissance.

IV.3. Conception des postes de détente

Les postes de détente sont équipés d'un dispositif de filtration qui se compose à minima d'un filtre à cartouche (feutre ou papier par exemple), vertical ou horizontal, servant à retenir la poussière que pourrait transporter le gaz.

Ceci permet de protéger les détendeurs régulateurs (risque de colmatage des pilotages, risque d'érosion des clapets et des sièges) et les compteurs (blocage des compteurs volumétriques, détérioration des ailettes des compteurs à turbine) des dégâts que ne manqueraient pas de causer des particules solides ; d'autre part, on évite ainsi une source d'incident pour les installations du réseau aval.

IV.3.1. La détente

L'abaissement de la pression est réalisé au moyen d'appareils appelés détendeur. On demande en outre à ces appareils de jouer le rôle de régulateurs, c'est à dire maintenir constant un paramètre qui est généralement la pression aval, mais qui peut aussi être la pression amont.

Partout où la continuité d'alimentation est nécessaire, le bloc de détente du poste comporte deux lignes indépendantes : une ligne principale assure l'alimentation en temps normal, une ligne auxiliaire assure l'alimentation en cas d'incident sur la ligne principale.

Pour les postes ne nécessitant pas une grande précision au niveau de la pression régulée et pour lesquels le domaine d'utilisation est limité (par exemple, les prédétentes) les appareils peuvent être à action directe.

Pour les autres postes, le régulateur de la ligne principale est toujours du type piloté, le régulateur de la ligne auxiliaire pouvant être soit piloté, soit à action directe, suivant les impératifs d'exploitation.

IV.3.2. Dimensionnement de la section de la conduite d'entrée du poste

La vitesse d'écoulement du gaz, en fonction du diamètre d'entrée du poste est du débit demandé est exprimée par la formule suivante :

$$V=Q/S \qquad \text{Eq. (IV.1)}$$

V : Vitesse d'écoulement du gaz en m/s,

Q : Débit réel en NM³/h,

S : Section de la conduite d'entrée du poste en M²,

IV.3.3. La sécurité contre les surpressions

Pour assurer la sécurité contre les surpressions dans le réseau aval, on peut utiliser plusieurs techniques :

Ensemble vanne de sécurité (V.S.) sur la ligne principale plus soupapes. Une vanne de sécurité (VS), ou clapet de sécurité, est un organe qui se ferme automatiquement dès lors que la pression surveillée atteint une pression de consigne.

En cas de surpression, la V.S. installée sur la ligne principale (en amont du détendeur principal) se ferme ; la pression en aval va alors baisser et le détendeur auxiliaire assurer l'alimentation à une pression légèrement inférieure à la pression de consigne de la ligne principale.

Si, lors du fonctionnement du détendeur auxiliaire une surpression apparaît, celle-ci est éliminée par la mise à l'atmosphère d'un certain débit de gaz, au moyen des soupapes.

L'utilisation des soupapes en dernière sécurité de pression permet d'assurer l'alimentation en gaz du client.

En zone urbaine dense ou à proximité de zones à risques d'allumage (voies ferrées électrifiées, lignes à haute tension ...), il n'est pas possible de mettre en place des soupapes sur les postes, compte tenu de l'importance des quantités de gaz pouvant être mises à l'atmosphère

En général, les postes situés en zone urbaine dense sont bouclés entre eux (c'est à dire que le réseau aval est alimenté par au moins 2 postes de livraison). Les risques d'interruption de fourniture, même pour des postes à double VS, sont alors limités.

Lorsque la VS de la ligne principale est actionnée, une alarme « fermeture VS ligne principale » est transmise à un centre de surveillance.

Lors du fonctionnement de la ligne de secours, si une surpression apparaît avant le dépannage de la ligne principale, la deuxième V.S. située sur cette ligne auxiliaire se ferme, ce qui provoque l'arrêt total de l'alimentation en gaz et la transmission d'une alarme

(par exemple « fermeture VS ligne secours » ou « P_{mini} aval ») à un centre de surveillance.

IV.3.4. L'isolement du poste

Les postes de détente sont équipés, au moins en entrée et en sortie, de robinets de barrage permettant l'arrêt du transit de gaz dans le poste (pour la maintenance des ensembles de régulation, les essais de fonctionnement des appareils).

De plus, sur les canalisations amont et aval reliées au poste, des robinets d'isolement (sectionnements ou robinets d'arrêt amont et aval) sont installés à une certaine distance de la clôture du poste. Ils permettent l'isolement du poste en cas d'anomalie grave ne permettant pas l'accès au poste.

IV.3.5. Le bipasse

La conception des postes, est telle qu'en cas d'incident ou d'opération rendant le bloc de détente inopérant, on peut toujours assurer manuellement l'alimentation en gaz au moyen d'un circuit de bipasse équipé d'un robinet de laminage manuel.

Il faut cependant noter que d'autres conceptions sont possibles, notamment la solution avec deux lignes de détente indépendantes parallèles, (c'est à dire équipées de robinet en amont et en aval permettant l'arrêt d'une ligne pendant que l'autre fonctionne). Ce type de conception (2 lignes identiques parallèles) est assez répandu.

IV.3.6. Le comptage

Si le poste de détente est un poste de livraison, il est généralement équipé d'un système de comptage qui permet d'établir la facturation.

Le comptage est généralement assuré par un compteur de volume associé à un dispositif de conversion en température (T), pression/température (PT) ou pression/température/facteur de compressibilité (PTZ).

Les compteurs sont de type : volumétriques à pistons rotatifs, compteurs de vitesse à turbine. Dans un poste de détente, le compteur peut être installé à l'aval des détendeurs (avantage: la pression de comptage est stable) ou à l'amont (la pression de comptage est variable mais

élevée ce qui augmente la plage maximale de comptage du compteur).

Le choix du meilleur emplacement (amont ou aval) pour le compteur nécessite la connaissance des débits prévisibles (maxi et mini). Si la plage des débits à compter ne peut s'inscrire dans la plage de fonctionnement d'un seul compteur, et qu'un emplacement du compteur à l'amont ne suffit pas à résoudre le problème, alors d'autres solutions doivent être envisagées (exemple: comptage à pression variable).

Dans les postes assurant des débits importants mais sans grandes variations, le comptage peut être assuré par un système à diaphragme (on introduit un obstacle dans la conduite du type plaque avec perçage calibré, lequel va créer une perte de charge),

IV.3.7. Implantation des postes

Pour le transport, les postes de prédétente sont généralement installés en plein air et en dehors des zones urbanisées.

Les postes de livraison sont quant à eux installés dans des constructions ou dans des armoires métalliques voire dans des fosses enterrées (exemple: les postes parisiens situés en bord de Seine: fosses étanches).

L'implantation doit tenir compte des canalisations de gaz : il faut chercher à se rapprocher le plus possible de l'emplacement idéal du seul point de vue de la fourniture du gaz (raccordement aisé avec le réseau de transport et en même temps bonne implantation par rapport au réseau desservi). Ainsi, pour un poste destiné à renforcer l'alimentation d'un réseau de répartition ou distribution, on cherchera un emplacement dans la zone où les pressions aux heures de pointe apparaissent les plus insuffisantes.

Le terrain doit permettre une construction aisée, sans trop de frais de fondations (bon sol, terrains meubles ou trop humiques à éviter). Le poste doit être accessible en tout temps. Les voies d'accès doivent donc exister, ou pouvoir être aménagées. Mais, inversement, il est souhaitable que le poste soit en retrait des voies à circulation importante, pour que des travaux ou interventions dans le poste n'occasionnent pas trop de gêne à la circulation et aussi pour limiter les risques vis à vis de la sécurité de l'installation (collision avec des véhicules).

Pour les postes de livraison aux clients industriels, les implantations en bordure de clôture avec accès direct de l'extérieur sont recommandées (rapidité d'intervention, gain de temps

pour les équipes lors des déplacements pour maintenance, éloignement des bâtiments de production...).

La dimension "sécurité" fait partie des éléments qui doivent aussi être pris en compte dans la conception pratique des postes de détente :

D'une part, le concepteur de l'installation veillera à respecter les préconisations et recommandations des constructeurs d'appareillages, pour le bon fonctionnement de ceux-ci donc de l'installation dans son ensemble.

D'autre part, la situation des appareils dans l'espace sera étudiée de façon à intégrer l'aspect "ergonomie" qui se traduit par des coûts de maintenance réduits et des risques faibles d'accidents de travail.

Lorsque la dimension des appareils ne permet pas qu'ils soient placés à cette hauteur, il est indispensable que des structures aménagées soient mises en place dès la construction de l'installation. On peut citer : plates-formes à mi-hauteur, fers et rails de manutention intégrés dans le génie civil pour y accrocher des moyens de levage mobiles ou permanents, potences ... (les matériels utilisés dans le transport de gaz sont lourds).

De même, il est nécessaire de prévoir les espaces de manœuvre et de circulation des hommes et des engins, non seulement pour l'entretien courant des appareillages mais aussi éventuellement pour leur remplacement.

IV.3.8. Systèmes de sécurité de pression

En cas de défaillance du système de détente-régulation de la pression, le système de sécurité de pression doit fonctionner automatiquement pour empêcher que la pression dans le réseau aval ne dépasse les niveaux autorisés.

Les principes suivants sont autorisés pour les systèmes de sécurité de pression des postes de détente-régulation :

Sans mise à l'atmosphère: il peut s'agir d'un monitor, d'une vanne de sécurité opérant en cas de surpression ou d'un dispositif de commande de fermeture de robinet opérant en cas de surpression, avec mise à l'atmosphère du gaz: il peut s'agir d'une soupape de sécurité à action directe ou indirecte.

Le projet de norme recommande de n'utiliser la soupape de sécurité à pleine capacité qu'en

tant que second dispositif de sécurité associé à un dispositif de sécurité sans mise à l'atmosphère du gaz.

Il est donc recommandé de limiter les quantités de gaz mises à l'atmosphère, de plus, un premier système de sécurité de pression plus un second dispositif est exigé dans certaines configurations où la différence entre la PMS des réseaux amont et aval est importante. Le rôle du second dispositif est d'augmenter la sécurité.

IV.4. Maintenance des postes de détente

Généralement, il convient d'effectuer une inspection visuelle des postes et de leurs organes constitutifs selon des fréquences hebdomadaires à mensuelles.

Durant ces inspections, il s'agit en particulier de s'assurer : de l'absence de fuite, du bon fonctionnement de l'appareil de détente principal, de la position ouverte des clapets de sécurité, du bon fonctionnement des appareils de mesure, notamment des diagrammes d'enregistrement de pression (déroulement, indication des aiguilles, changement des supports enregistreurs tels que les bandes...) ou du dispositif de comptage (index du compteur non bloqué, pas d'anomalie visible sur la calculatrice)...

IV.4.1. Essais de fonctionnement

Il s'agit de vérifier le fonctionnement de l'ensemble des principaux appareils constitutifs du poste de détente.

On vérifie en particulier : le point de consigne du régulateur principal et son étanchéité à débit nul, le fonctionnement du régulateur de secours (démarrage, point de consigne), le fonctionnement du (des) clapet(s) de sécurité (test de fermeture, point de consigne), le fonctionnement de la (ou des) soupape(s) (ouverture, point de consigne, étanchéité).

Un essai d'ouverture complète peut être recommandé 1 fois par an, la manœuvre des robinets principaux (entrée, sortie...), graissage éventuel (cette manœuvre est généralement obligatoire pour les essais de fonctionnement des appareils).

IV.4.2. Révision

Le révision consiste en un démontage complet d'un appareil dans un but préventif (changement de certaines pièces d'usure ou pièces sensibles afin d'éviter une anomalie) ou dans le cadre d'une intervention corrective suite à découverte d'une anomalie (incident ou anomalie constatée lors des essais de fonctionnement).

Pour ce qui est des fréquences à appliquer, elles varient entre « interventions correctives » et révision systématique (régulateurs, VS, soupapes) tous les quatre ans. On notera que certains constructeurs imposent une maintenance minimale à affecter sur leur matériel afin de garantir leur bon fonctionnement.

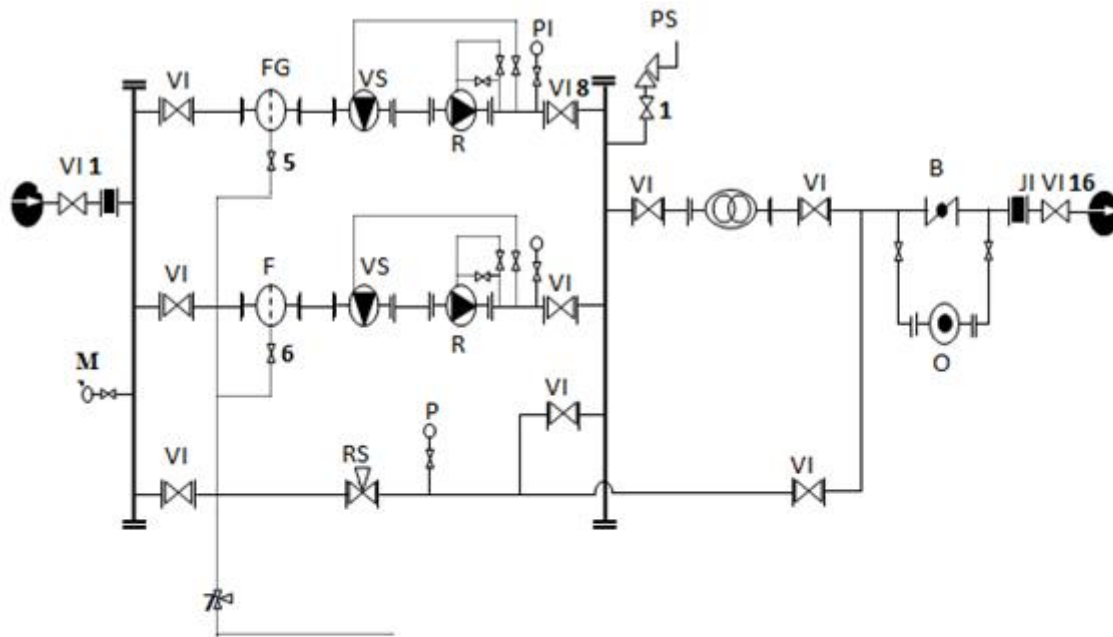
Toute révision doit être suivie d'un essai de fonctionnement, les fréquences de purge, de nettoyage et de changement des éléments filtrants varient suivant la position et le type d'appareil, la nature et la composition du gaz, les changements de régime d'exploitation.

Il est recommandé de manœuvrer la culasse de filtre et de vérifier l'état de la cartouche de filtrage au moins une fois par an. Pour certains postes sensibles, placés sur des antennes sous dimensionnées, une mesure de la perte de charge entrée/sortie peut être utile pour une programmation des interventions.

IV.4.3. Enregistrement des actes de maintenance

Toute visite effectuée sur le poste doit être consignée sur un support qui peut être soit du type « carnet de poste » soit de type informatique (logiciel de suivi des actes de maintenance).

Dans tous les cas, il doit être possible de reconstituer la vie de l'installation (enregistrements de la pression livrée, compte rendu des réglages et de la maintenance relative au poste de détente...).



LEGENDE

VI : Vanne d'isolement
OD : Odorisateur
JI : Joint Isolant
FG : Filtre à Gaz
VS : Vanne de Sécurité

PI : Manomètre Indicateur
PSV : Soupape de Sûreté
RS : Robinet à Soupape
CPT : Compteur

FigureIV-1 : Schéma d'un poste de détente classique de livraison aux distributions publiques (2 lignes + By-pass)

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les postes de détente ainsi que leur principale fonction qu'est de fournir un certain volume de gaz à une pression réduite constante à partir d'un gaz à une pression supérieure variable. Nous avons également cité les différents appareils assurant diverses fonctions dans un poste de détente.

Chapitre V

Dimensionnement de réseau

Introduction

L'étude et le calcul d'un réseau de gaz consiste à déterminer les pressions et les flux existants sur ce réseau et d'assurer l'alimentation des clients en gaz dans des bonnes conditions. Cette étude doit tenir compte de la capacité de la source d'alimentation, du tracé de réseau de distribution, des données topographiques et météorologiques ainsi que des types de consommateur.

Partie : collecte des données et calcul des débits

V.1. Le but de l'étude

Ce présent travail consiste à élaborer une étude de dimensionnement et de développement de réseau de gaz de la ville d'Azazga concernant son nouveau pôle urbain qui est en cours de construction situé au village IMLEL. Cette étude a pour finalité la détermination des prévisions des consommations de pointe nécessaires pour le dimensionnement ainsi l'étude de la possibilité de raccordement au réseau existant.

Le réseau du gaz d'Azazga est de type MPB, il a été mis en service en 1981. Sa longueur totale est de 74561 mètres tous diamètres confondus, il est alimenté par un seul poste de détente de capacité 5000 Nm³/h.

V.2. Présentation de structure

Azazga est une région dans la wilaya de Tizi ouzou située à 37 km à l'EST du chef lieu. L'agglomération rassemble près de 60 000 habitants, et constitue de ce fait la deuxième plus grande agglomération de Tizi Ouzou.

Créé en 1882, Azazga fût le village du chef lieu de canton du Haut Sébaou, c'est une localité à vocation commerciale et semi agricole.

Elle est devenue au fil des années un axe de transit très important et très fréquenté par les usagers et routiers.

Chapitre V : Dimensionnement de réseau

La commune d'Azazga est constituée à partir des localités suivantes :

Agouni Guizem (Aghni Guizem)	Imlel
Aït Ali	Rabta
Aït Bouada	Tadert
Azazga	Tala Oukouchach
Boubroun	Tinkicht
Cheurfa	Tinssouine
Flikki	Tirsatine Ouarkik (Thirsathine)
Hendou	Tizi Bouchène
Ighil Bouzel	

Comme nous avons dit, notre étude sera focalisée sur le nouveau pôle urbain d'IMLEL.

A cet effet il est jugée nécessaire de donner une présentation générale du pôle :

- Nombre de logements : 2500
- Une station d'épuration équivalente à 50 000 habitants
- Une crèche
- 3 écoles primaires
- Un C.E.M
- un lycée
- Une polyclinique
- Une sûreté urbaine
- Une mosquée
- Une bibliothèque
- Une subdivision hydraulique
- Un siège A.D.E (algérienne des eaux)
- Un siège O.N.A (office national d'assainissement)
- Un C.S.P (centre sportif de proximité)
- Une gare routière
- Une antenne A.P.C
- Un bureau de poste
- Une maison de jeune
- Une unité de protection civile
- Une station service
- Un marché de proximité
- Des H.R.I (habitation résidentielle individuelle)

V.3. Quelques propriétés du gaz à distribuer

V.3.1. Caractéristiques physico-chimique du gaz naturel de HASSI-R'MEL : [5]

Le gaz naturel est un mélange de plusieurs composants, le tableau ci-dessous contient quelques caractéristiques de ce gaz :

Composant	M_i (g/mole)	Y_i (%)	$Y_i * M_i$	P_{Ci} (kgf/mm ²)	T_{Ci} (°C)	$\mu_i * 10^{-4}$
N ₂	28	5,760	1,6128	34,6	125,9	1,71
CO ₂	44	0,210	0,0924	75,5	304,1	1,46
CH ₄	16	82,8	13,248	47,3	190,5	1,075
C ₂ H ₆	30	7,220	2,166	49,8	305,4	0,92
C ₃ H ₈	44	2,310	1,0164	43,4	369,8	0,79
i C ₄ H ₁₀	58	0,390	0,2262	37,7	406,7	0,715
i C ₅ H ₁₂	72	0,140	0,1008	33,8	461,0	0,67
NC ₄ H ₁₀	58	0,61	0,3538	38,7	425,0	0,67
NC ₅ H ₁₂	72	0,17	0,1224	34,2	469,0	0,67
C ₆ H ₁₄	86	0,2	0,172	30,8	508,0	0,66
H ₂	2	0,19	0,0038	2,3	5,1	1,8

Tab. V.1 : caractéristique du gaz de HASSI-R'MEL

Avec :

- M_i : Masse molaire d'un composant (i) du gaz,
- Y_i : Fraction molaire d'un composant (i) du gaz,
- P_{Ci} : Pression critique d'un composant (i) du gaz,
- T_{Ci} : Température critique d'un composant (i) du gaz,
- μ_i : Viscosité dynamique d'un composant (i) du gaz,

V.3.2. Masse volumique

La masse volumique du gaz naturel dans les conditions standards peut être retrouvée en utilisant l'équation d'état des gaz réels :

$$PV=ZRT \quad \text{Eq. (V.1)}$$

- V : Volume molaire du gaz ;
- P : Pression du gaz ;
- R : Constante des gaz parfaits ;
- T : Température du gaz ;
- Z : Facteur de compressibilité.
- $\frac{P}{\rho_G} = ZrT$

D'où :

$$\rho_G = \frac{P}{ZrT} \quad \text{Eq. (V.2)}$$

Le facteur de compressibilité peut être approché par la formule donnée dans le chapitre I dont l'expression est la suivante :

$$Z = \frac{1}{1+j(t)/P} \quad \text{Eq. (V.3)}$$

Pour $t=15^\circ\text{C}$, $j(t) = 0,0204\text{bar}$;

On a ainsi pour : $P=1,013 \text{ bar}$, $Z = 0,97$

$$M_G = \sum Y_i * M_i \quad \text{Eq. (V.4)}$$

En utilisant les données de tableau (IV.1) on aura :

$$M_G = 19,07 \text{ g/mole}$$

Tenant compte de ces résultats, il vient donc :

$$r = \frac{R}{M_G} = \frac{8,314}{19,07 * 10^{-3}}$$

D'où :

$$\rho_G = \frac{1,013 * 10^5}{435,97 * 0,97 * 288} = 0,831 \text{ kg/SCM}$$

SCM : mètre cube dans les conditions standards.

V.3.3. Pouvoir calorifique

Le pouvoir calorifique supérieur du gaz naturel de HASSI-R'MEL étant pris égal à 9,7 Th/m³.

V.3.4 .Densité

V.3.4.1.Densité réelle du gaz

$$S_g = \frac{\bar{M}_{gaz}}{\bar{M}_{air}} \quad \text{Eq. (V.5)}$$

Avec :

$\bar{M}_{gaz}$: Masse molaire moyenne de gaz donné par la relation :

$$M_G = \sum Y_i M_i = 19,11 \text{ g/mole}$$

$\bar{M}_{air}$: Masse molaire moyenne de l'air, en supposant que l'air est composé essentiellement de 21 % d'oxygène et de 79 % d'azote est donnée par la relation :

$$\bar{M}_{air} = 0,21 M_{O_2} + 0,79 M_{N_2}$$

$$\bar{M}_{air} = 0,21 \times 32 + 0,79 \times 28$$

$$\bar{M}_{air} = 28,24 \text{ g/mole}$$

$$\text{Où : } S_g = 0,66$$

V.3.4.2. La densité fictive de référence du gaz :

La densité fictive du gaz utilisée dans la formule de Renouard est déterminée comme suit :

$$S'_g = S_g \left[\frac{0,22}{v} \right]^{-0,2} \quad \text{Eq. (V.6)}$$

D'où :

$$S'_g = 0,62$$

Dans les conditions standards.

V.3.5. Viscosité :

La viscosité moyenne du mélange se calcule à partir de la formule de Herning et Zipper qui est donnée comme suit :

$$\mu_m = \frac{\sum \mu_i x_i \sqrt{M_i}}{\sum x_i \sqrt{M_i}} \quad \text{Eq. (V.7)}$$

Où :

- μ_m : Viscosité du mélange de gaz.
- μ_i : Viscosité du composant i.
- x_i : Fraction molaire du composant i.
- L'application de la formule (Eq.V.1) donne :
- $\mu_m \frac{4,396 \cdot 10^{-4}}{3,995} = 1,09 \cdot 10^{-4} \text{ Poises}$
- Donc :
- $\mu_m = 1,09 \cdot 10^4 \text{ Poises}$
- M_i : masse molaire d'un composant i

V.4. Paramètres climatologiques

La température risque r % est la température susceptible d'être dépassée en baisse (une ou plusieurs fois) au cours de r hivers sur cent consécutifs, elle nous permet d'évaluer la consommation supplémentaire de période froide.

a. La température risque 50% : c'est celle qu'est connue en moyenne un hiver sur deux et ce confond pratiquement avec celle du jour le plus froid de l'année moyenne.

b. La température risque 2% : c'est celle qu'est connue que deux hivers par siècle.

c. La température seuil de chauffage : c'est la température au dessous de laquelle les abonnés d'une distribution publique commencent à se chauffer.

Pour les températures risques et la température seuil de chauffage, nous prenons les éléments déjà calculés pour la région en question.

Température seuil de chauffage $T_s = 19 \text{ }^\circ\text{C}$

Température risque $T_{2\%} = - 1.41 \text{ }^\circ\text{C}$

Température risque $T_{50\%} = 4.01\text{ }^{\circ}\text{C}$

Nombre d'heures usage continu 10 h/j

Nombre de jours par an 250 j

V.5.Données de consommation : [5]

Paramètres	Symboles	F1	F2	F3	F4	F5 et plus	Moyenne	Unités
Consommation annuelle	C_T	7820	13096	15568	17355	20372	15568	Th /an
Consommation hors chauffage	C_{HCH}	2800	3700	4500	5000	5700	4500	Th /an
Consommation horaire hors chauffage	C_{hHCH}	1,1	1,5	1,8	2,0	2,3	1,8	Th /h
Consommation chauffage	C_{CH}	5020	9396	11068	12355	14672	11068	Th /an
Gradient	G	3,9	7,3	8,6	9,6	11,4	8,6	Th /dj
Consommation journalière chauffage	C_{JCH}	79,6	149	175,5	195,9	232,6	175,5	Th /j
Consommation horaire chauffage	C_{hCH}	3,3	6,2	7,3	8,2	9,7	7,3	Th /h
Consommation horaire	C_{hT}	4,4	7,7	9,1	10,2	12	9,1	Th /h

Tab.V.2 : tableau récapitulatif des débits horaires et annuels des abonnés domestiques.

Les formules utilisées pour le calcul des données du tableau sont les suivantes :

$$G = \frac{CCH}{NDJ} \quad \text{Eq. (V.8)}$$

$$NDJ = \sum (T_s - T_j) \quad \text{Eq. (V.9)}$$

T_j : Température tri-horaire journalière.

D'où:

$$C_{ch} = G * NDJ \quad \text{Eq. (V.10)}$$

$$C_{JCH} = G (T_s - T_{2\%}) \quad \text{Eq. (V.11)}$$

$$C_{CH} = C_{hT} - C_{HCH} \quad \text{Eq. (V.12)}$$

$$C_{hHCH} = \frac{C_{HCH}}{250} \quad \text{Eq. (V.13)}$$

$$C_{hCH} = \frac{C_{jCH}}{24} \quad \text{Eq. (V.14)}$$

Ces formules sont obtenues en adoptant les hypothèses suivantes:

- Le nombre d'heure d'usage continu est de 10 h/jour.
- Le nombre de jours d'usage par an est de 250.
- Le nombre d'heure d'usage saisonnier est de 20h/jour.

V.6.Consommation unitaire domestique

V.6.1.Consommation horaire chauffage C_{hCH}

Avant de calculer le débit horaire avec chauffage, il faudrait déterminer le gradient chauffage (G).le gradient chauffage indique la variation de la consommation chauffage par une variation de 1 degré jour, c'est le rapport entre la consommation annuelle chauffage et le nombre de degré jour correspondant.

Chapitre V : Dimensionnement de réseau

Nous partons du gradient de température $G=8,6 \text{ Th /dj}$ (logement F3).

La consommation chauffage au risque de la température de 2% :

$$C_{jCH} = G (T_s - T_{2\%})$$

$$\text{Soit } C_{jCH} = 8,6 (19 + 1,41) = 175,53 \text{ Th /jour}$$

T_s : c'est la température seuil de chauffage prise égale à 19°C

$T_{2\%}$: c'est la température risque 2% égale à $-1,41^\circ\text{C}$

La consommation horaire au risque 2% est égale à :

$$C_{Hch} = C_{jCH} / 20 \text{ (20 étant la modulation de l'utilisation de chauffage pendant une journée).}$$

Elle égale à :

$$C_{hCH} = 175,53 / 20 = 8,78 \text{ Th / h ou } 8,78 / 9,7 = 0,91 \text{ m}^3 / \text{h}$$

V.6.2. Consommation horaire hors chauffage C_{hHCH}

Elle est très peu variable Durant l'année et ne dépend que des habitudes culinaires et de nombre de personne par foyer. Elle est estimée a 4500 Th/an et à une consommation horaire C_{hHCH} égale a $1,8 \text{ Th / h}$ (sur la base de 2500 heures d'utilisation par an).

V.6.3. Consommation unitaire total

$$\text{La consommation total unitaire } C_{Tu} = C_{hCH} + C_{hHCH} = 8,78 + 1,8 = 10,58 \text{ Th/h}$$

$$\text{Ou bien : } C_{Tu} = 10,58 / \text{P.C.S} = 1,09 \text{ m}^3 / \text{h}$$

N .B : le pouvoir calorifique supérieur du gaz naturel (P.C.S) de Hassi R'mel étant pris égal à $9,7 \text{ Th / m}^3$

V.7.Méthodes de calcul des consommations des abonnés tertiaires et administratifs : [5]

Les méthodes de calcul utilisées dans les techniques gazières pour la détermination des consommations des abonnés tertiaire sont basées sur les données du tableau suivant :

Type d'abonné		Formule
Etablissement primaire	Avec cantine	0,20 Th/h /élève
	Sans contine	0,10 Th/h /élève
Etablissement moyen	C_{hHCH}	0,25 Th/h /unité pensionnaire
	C_{hCH}	$(0,017 \times x + 0,41) \text{Th/h/élève}$
Locaux à usage administratif		$0,3 \text{ Th/h/m}^2$
Centre de santé et salle de soin	C_{hCH}	0,56 Th/h/lit
	C_{hHCH}	$0,3 \text{ Th/h/ m}^2$
Boulangerie		$(0,29 \times q + 17,3) \text{ Th/h}$
Restaurant		$(0,33 \times s + 5,5) \text{ Th/h}$
Douche et coiffeurs		$1,8 \text{ Th/h/m}^2$
Petit commerce		10 Th/h
Grand locaux		0,035 Th /h

Tab.V.3 : Tableau récapitulatif des débits horaires des abonnés non domestique

q : nombre de baguettes / jour ;

x : nombre d'élèves ;

s : nombre de rations/ service.

Les tableaux (V.2 et V.3) ont été établis avec les hypothèses d'utilisations des équipements suivants :

a. Abonnés domestiques :

- 250 jours d'utilisation par an ;
- 10 heures d'utilisation par jour.

b. Abonnés non domestiques :

❖ Secteur administratif :

- 250 jours d'utilisation par an ;
- 5 heures d'utilisation par jour.

❖ Secteur santé :

- 250 jours d'utilisation par an ;
- 10 heures par jour.

❖ Secteur éducation :

Pour les établissements primaires :

- 160 jours d'utilisation par an ;
- 5 heures par jour.

Pour les établissements secondaires :

- 200 jours d'utilisation par ;
- 10 heures par jour.

❖ Secteur tertiaire :

Pour les boulangeries :

- 300 jours de travail par an ;
- 10 heures par jour.

Pour les restaurants :

- 260 jours par an ;
- 8 heures par jour.

Pour les hôtels :

- 250 jours par an ;
- 8 heures par jour.

Pour les bains-maures :

- 300 jours par an ;
- 8 heures par jours.

V.8. Recensement du nombre d'abonnés et consommation par zones

V.8.1. Zone 1

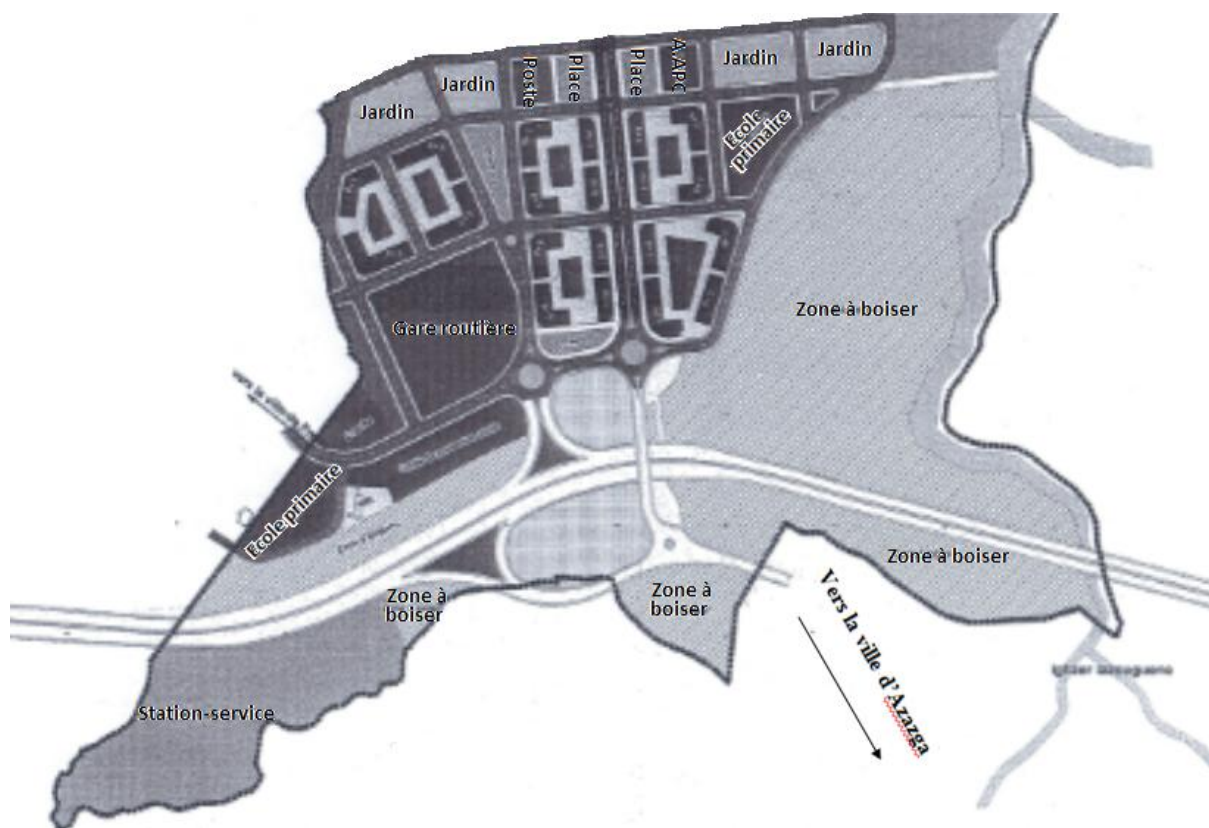


Figure V.1 : Zone 1

V.8.1.1. Abonnés domestiques

Consommation horaire domestique $C_{hd} = C_{Tu} * \text{nbre} * 0,7$ Eq. (V.15)

0,7 : coefficient de foisonnement

N° Zone	Abonnés domestiques	Consommation par abonné (m ³ /h)	Total (m ³ /h)
Zone « 01 »	807	1,09	615,74

Tab.V.4 : Consommation horaire des abonnés domestique de la zone « 01 »

V.8.1.2. Abonnés tertiaires

N° Zone	Secteur	Type d'établissement	Nombre	Consommation unitaire (m ³ /h)	Consommation total (m ³ /h)
« 01 »	Education	Ecole primaire	2	10	20
		Crèche	1	2	2
	Administration	Unité de protection civile	1	7,7	7,7
		Poste	1	15,5	15,5
		Annexe A.P.C	1	25	25
	Commerce	Cafés	4	1,03	4,12
		Restaurants	3	3,97	11,91
		Coiffeurs	2	3,34	6,68
		Douche	1	11,13	11,13
		Boulangerie	1	106,42	106,42
Total			17		210,5

Tab.V.5 : consommation horaire des abonnés tertiaires de la zone « 01 »

Donc on a :

Consommation horaire domestique C_{hd} : 615,74 m³/h

Consommation horaire tertiaire C_{ht} : 210,5 m³/h

Consommation horaire total C_{ht} :

$$C_{ht} = C_{hd} + C_{ht} = 615,74 + 210,5 = \mathbf{826,24 \text{ Nm}^3/\text{h}}$$

V.8.1.3. Récapitulatif du recensement de la zone 1

2 écoles primaires	600 élèves / école
Une crèche	120 enfants
Surface A.P.C	810 m ²
Surface poste	500 m ²
Surface protection civile	250 m ²
Boulangeries	3500 baguettes / jour
Surface douche	18 m ²
Surface douche	60 m ²
Restaurant	100 repas servi /jour

Tab.V.6 : Récapitulatif du recensement de la zone « 1 »

V.8.2.Zone 2 :

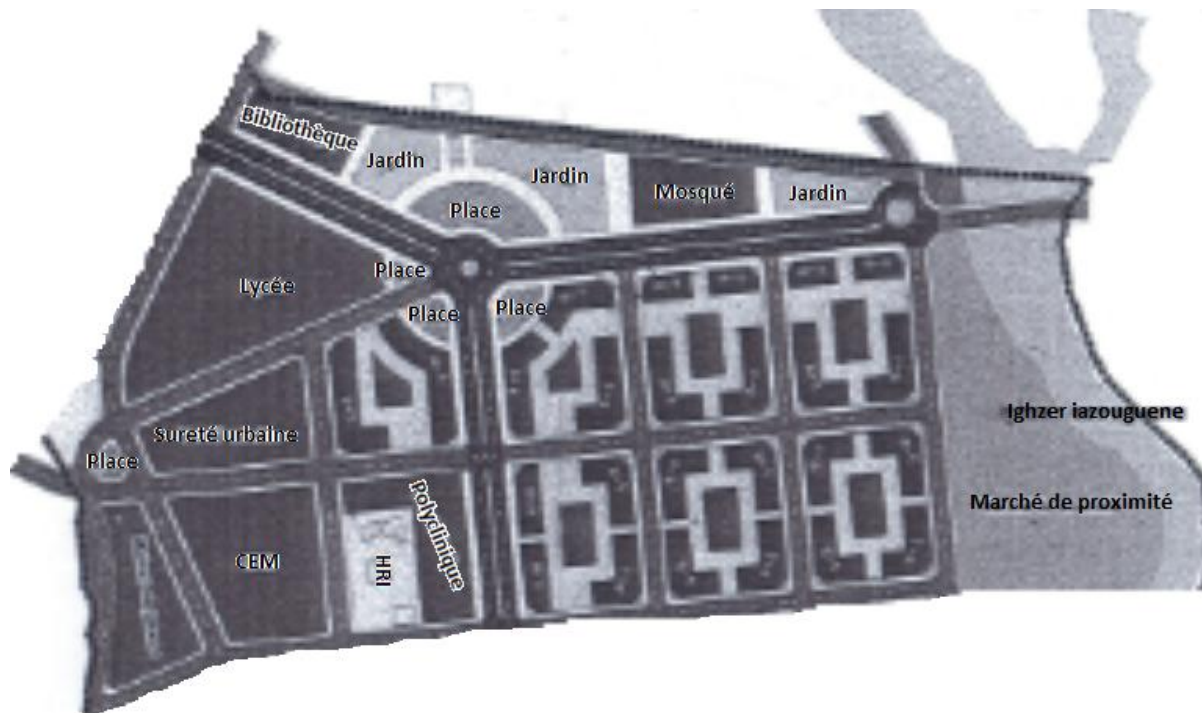


Figure V.2 : Zone 2

V.8.2.1. Abonnés domestiques :

N° Zone	Abonnés domestiques	Consommation par abonné (m ³ /h)	Total (m ³ /h)
Zone « 02 »	1000	1,09	763

Tab.V.7 : Consommation horaire des abonnés domestique de la zone « 02 »

V.8.2.2. Abonnés tertiaires

N° Zone	Secteur	Type d'établissement	Nombre	Consommation unitaire (m ³ /h)	Consommation total (m ³ /h)
« 02 »	Education	C.E.M	1	22,8	22,8
		Lycée	1	11,6	11,6
	Administration	Sûreté urbaine	1	10,8	10,8
	Culture	Maison de jeune	1	1,44	1,44
		Bibliothèque	1	1,08	1,08
	Commerce	Cafés	4	1,03	4,12
		Restaurants	4	3,97	15,88
		Coiffeurs	3	3,34	10
		Douche	1	11,13	11,13
		Boulangerie	2	61,6	123,2
	Santé	Polyclinique	1	88	88
	Culte	Mosquée	1	2,87	2,87
total					302,92

Tab.V.8 : Consommation horaire des abonnés tertiaires de la zone « 02 »

Chapitre V : Dimensionnement de réseau

Consommation horaire domestique C_{hd} : 763 m³/h

Consommation horaire tertiaire C_{ht} : 302,92 m³/h

Consommation horaire total C_{ht} :

$$C_{ht} = C_{hd} + C_{ht} = 763 + 302,92 = 1065,92 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

V.8.2.3. Récapitulatif du recensement de la zone 2

C.E.M	1200 élèves
Lycée	700 élèves
Grand locaux	700 m ²
Surface sûreté urbaine	350 m ²
Restaurant	100 repas servi / jour
Surface coiffeurs	18 m ²
Surface douche	60 m ²
Boulangerie	2000 baguettes / boulangerie
Centre de santé (25 lit)	2800 m ²
Surface de la mosquée	800 m ²

Tab.V.9 : Récapitulatif du recensement de la zone « 2 »

V.8.3.Zone 3 :

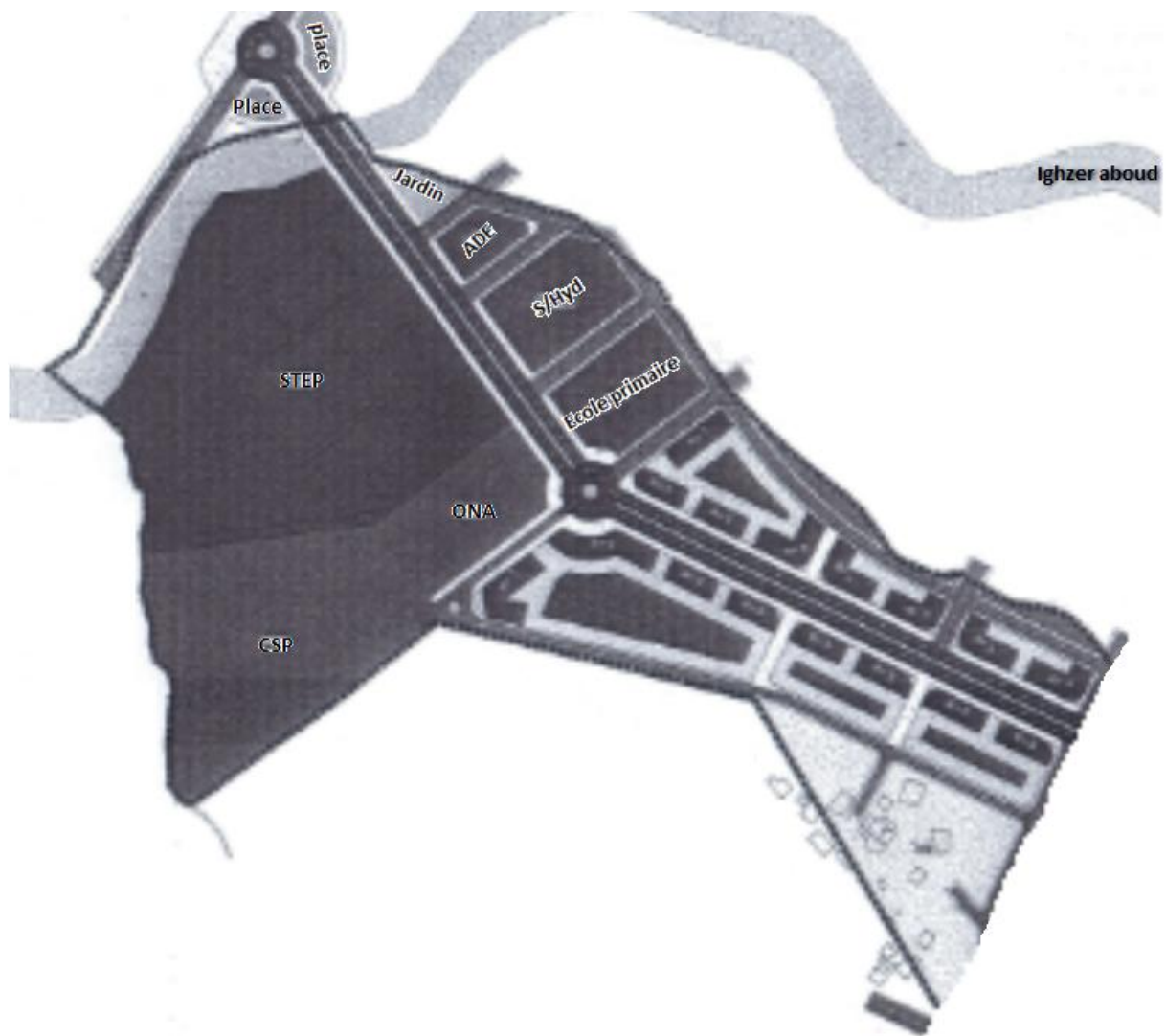


Figure V.3 : Zone 3

V.8.3.1.Abonnés domestiques

N° Zone	Abonnés domestiques	Consommation par abonné (m^3/h)	Total (m^3/h)
Zone « 03 »	762	1,09	544,07

Tab.V.10 : Consommation horaire des abonnés domestique de la zone « 03 »

V.8.3.2. Abonnés tertiaires

N° Zone	Secteur	Type d'établissement	Nombre	Consommation unitaire (m ³ /h)	Consommation total (m ³ /h)
« 03 »	Education	Ecole primaire	1	11,55	11,55
	Administration	O.N.A	1	12,37	12,37
		D.Hydr	1	10,82	10,82
		A.D.E	1	5,57	5,57
	Sport	C.S.P	1	3,6	3,6
	Commerce	Cafés	4	1,03	4,12
		Restaurants	2	3,97	7,94
		Coiffeurs	1	3,34	10
		Douche	1	11,13	11,13
		Boulangerie	2	61,6	123,2
total					200,3

Tab.V.11 : consommation horaire des abonnés tertiaires de la zone « 03 »

Consommation horaire domestique C_{hd} : 544,07 m³/h

Consommation horaire tertiaire C_{ht} : 200,3 m³/h

Consommation horaire total C_{ht} :

$$C_{ht} = C_{hd} + C_{ht} = 544,07 + 200,3 = \mathbf{744,37 \text{ Nm}^3/h}$$

V.8.3.3.Récapitulatif du recensement de la zone 3

Ecole primaire	700 élèves
Grand locaux	1000 m ²
Surface O.N.A	400 m ²
Surface D.Hydraulique	350 m ²
Surface A.D.E	180 m ²
Restaurant	100 repas servi / jour
Surface coiffeur	18 m ²
Surface douche	60 m ²
Boulangerie	2000 baguettes / jour

Tab.V.12 : Récapitulatif du recensement de la zone « 3 »

V.9.La consommation totale horaire de pôle urbaine (domestique et tertiaire)

$$C_{ht} = C_{t \text{ (zone 1)}} + C_{t \text{ (zone 2)}} + C_{t \text{ (zone 3)}} = 826,24 + 1065,92 + 744,37 = 2636,53 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$C_{ht} = 2636,53 \text{ Nm}^3 / \text{h}$$

Partie : Détermination des diamètres avec APHYRE

Introduction

Le calcul d'un réseau de gaz consiste à déterminer les pressions et les débits existants sur ce réseau pour une structure fixée et des conditions d'alimentation et de consommation bien définies.

V.10.APHYRE : programme du calcul des réseaux gaz

APHYRE est un programme d'analyse physique de réseau de distribution gaz, il permet de traiter des réseaux de tailles suivantes :

- version A : réseaux limités à 200 nœuds ;
- version B : réseaux limités à 900 nœuds ;
- version C : réseaux limités à 2000 nœuds.



Il réalise les opérations suivantes :

- le calcul des pertes de charge ;
- la correction des pressions en fonction de l'altitude ;
- la délimitation des zones d'influence des sources ;

Chapitre V : Dimensionnement de réseau

- la localisation des points neutres sur certaines mailles ;
- le lieu de passage des courbes isobares.

Le calcul d'un réseau est effectué uniquement avec un seul régime de pression, soit la basse pression, soit la moyenne pression de type B, mais pas les deux simultanément.

Pour présenter ce logiciel on a opté pour faire un exemple d'application avec images pour qu'il soit facile et simple à comprendre.

Pour avoir les résultats d'une simulation avec APHYRE il faut passer par les étapes suivantes :

1^{ère} étape :

La première étape consiste à remplir un tableau sur un fichier Excel ou sont mentionnés les données suivantes : **(Figure V.4)**

- Pour chaque tançons on donne :

- Le numéro des nœuds.
- Sa longueur.
- Son diamètre.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	GDO1	GDO2	LT	TUBE	DINT	Z								
2	1000	1055	800	PE200		1								
3	1055	1056	400	PE63		1								
4	1055	1001	1350	PE200		1								
5	1001	1029	550	PE125		1								
6	1029	1030	34	PE63		2								
7	1030	1031	50	PE40		2								
8	1030	1032	158	PE40		2								
9	1032	1034	140	PE40		2								
10	1032	1037	230	PE40		2								
11	1037	1039	92	PE40		2								
12	1037	1038	88	PE40		2								
13	1029	1040	80	PE125		2								
14	1040	1041	104	PE40		2								
15	1041	1043	40	PE40		2								
16	1043	1044	96	PE40		2								
17	1042	1043	120	PE40		2								
18	1041	1045	40	PE40		2								
19	1045	1047	116	PE40		2								
20	1045	1046	96	PE40		2								
21	1040	1048	180	PE63		2								
22	1048	1050	594	PE63		3								
23	1050	1051	180	PE40		3								
24	1050	1052	30	PE40		3								
25	1052	1053	104	PE40		3								
26	1052	1054	280	PE40		3								
27	1001	1002	120	PE125		1								
28	1002	1003	16	PE125		1								
29	1003	1033	30	PE63		1								

Figure V.4



2^{ème} étape :

Enregistrer le fichier EXECL après avoir sélectionné dans le tableau les données dont on a besoin (**Figure V.6**)

N.B : Le fichier doit être enregistré sous forme DBF3 (dBASE III). Le logiciel ne traite que des fichiers de cette forme.

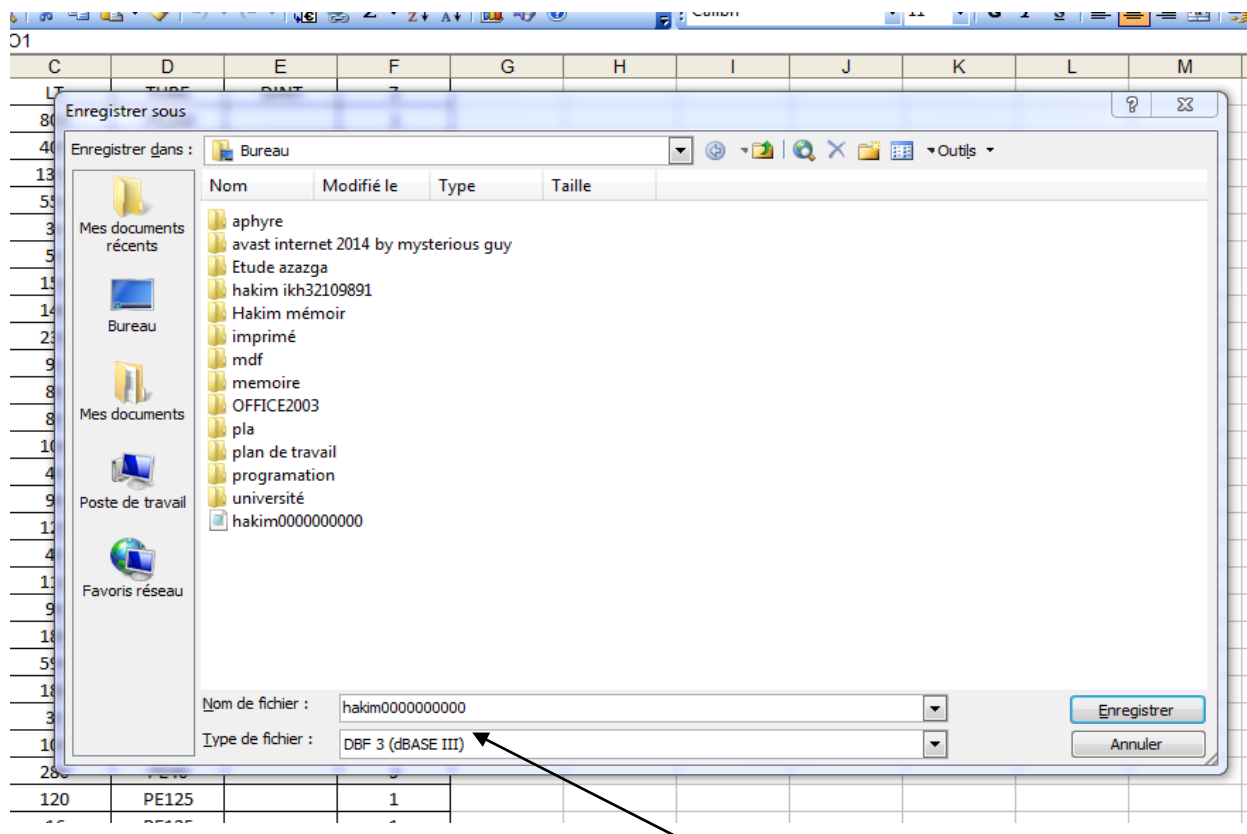


Figure V.6

DBF 3 (Dbase III)

3^{ème} étape :

Après avoir lancé le programme (APHYRE), on importe le fichier déjà enregistré sous forme DBF3 (dBASE III) (**Figure V.7**)

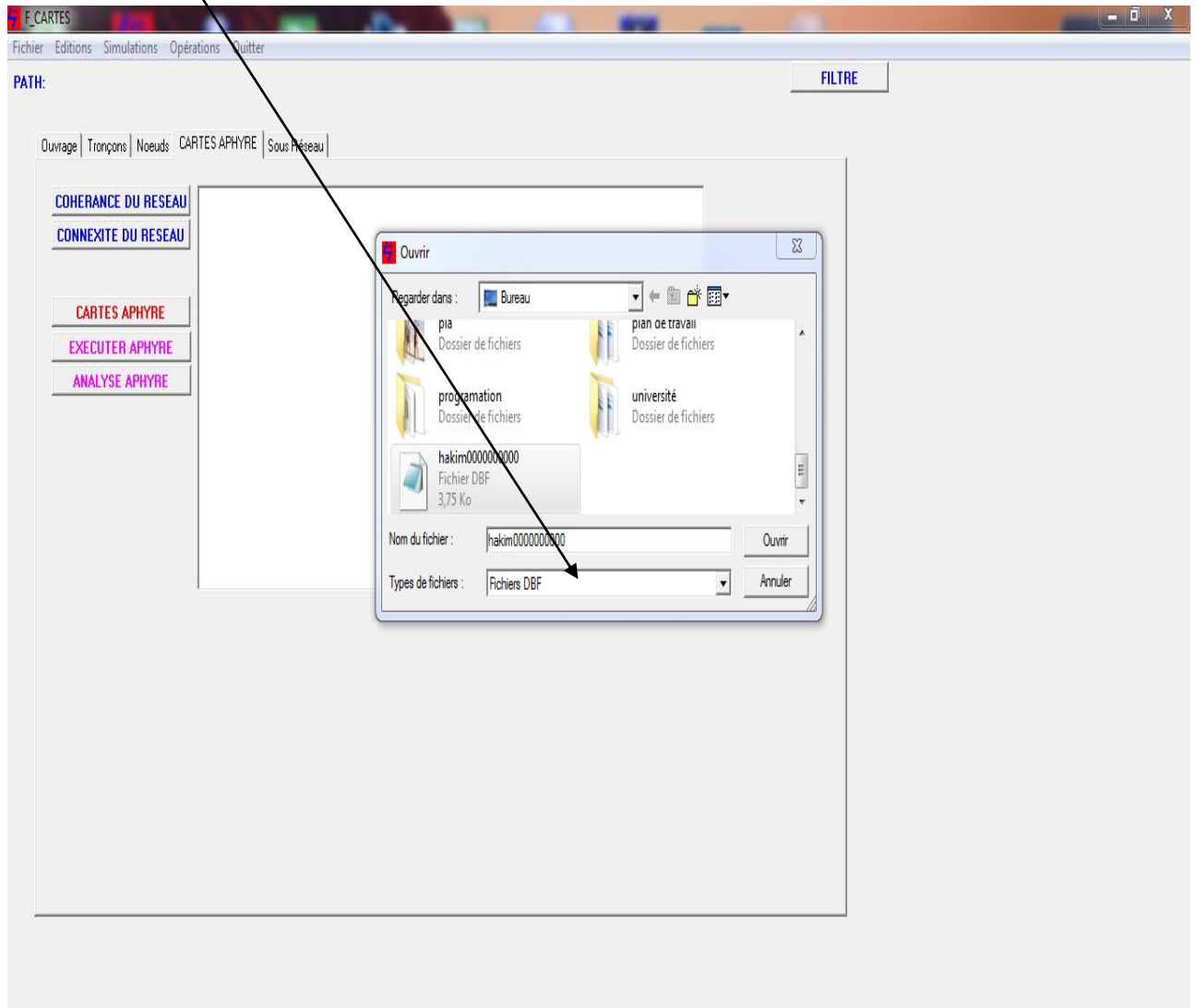
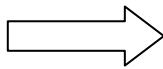


Figure V.7

4^{ème} étape :

On clique sur

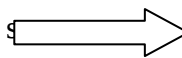


Ouvrage

Cette étape sert à l'introduction des données calculées auparavant tel que :

- Le nom de la localité ;
- Type de pression (M.P.B),(M.P.A) ;
- La consommation de chaque zone,
- Le nombre de clients importants ;
- Le nombre des nœuds source, ainsi le nombre des vannes ;
- La valeur de P.C.S (pouvoir calorifique supérieur), de la densité fictive et réelle.

Après avoir introduit toutes les données nécessaires on clique sur



CHARGER

Figure V.8

F_CARTES

Fichier Editions Simulations Opérations Quitter

C:\VAPH2000\RESEAUX\Nouveau

FLTRE

Ouvrage Tronçons Noeuds CARTES APHYRE Sous Réseau

LOCALITE

	N°ZONE	Q(m3/h)	Coef	LIBELLE	L(ml)
1	1	0	0	ZONE 1	4486
2	2	0	0	ZONE 2	2036
3	3	0	0	ZONE 3	2248

CHARGER [ZONES]

TYPE DE PRESSION MPB

DFG DFG PCS

0,62 0,6 9,5

CHARGER

Nbr de Noeud 55

Nbr Client MP 0

Nbr Source 0

Nbr Zone 3

Nbr de Tronçon 54

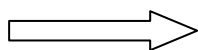
Nbr Vanne 0

CHARGE

Figure V.8

5^{ème} étape :

On clique sur

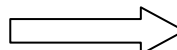


Tronçons

Cette étape a pour but de vérifier que les données introduites ne présente pas d'erreurs tel que :

- Le numéro de chaque tronçon ;
- Le diamètre et la longueur ;
- La zone d'appartenance de chaque tronçon.

A la fin de l'opération de vérification on clique sur



CHARGER

F_CARTES
Fichier Editions Simulations Opérations Quitter

C:\APH2000\RESEAU\Nouveau FILTRE

Ouvrage | **Tronçons** | Noeuds | CARTES APHYRE | Sous Réseau

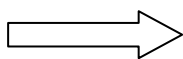
Ordr	NOEUD1	NOEUD2	TUBE	L(ml)	ZONE	Type	Q(m3/h)	DEBIT(m3/h)	DP(bar)	DP²(bar²)	Vitesse(m/s)	P1(bar)	P2(bar)
1	1000	1055	PE200	800	1	R	222,9157	0	0	0	-100	4	0
2	1055	1056	PE63	400	1	R	111,4578	0	0	0	-100	0	0
3	1055	1001	PE200	1350	1	R	376,1703	0	0	0	-100	0	0
4	1001	1029	PE125	550	1	R	153,2545	0	0	0	-100	0	0
5	1029	1030	PE63	34	2	R	4,508840	0	0	0	-100	0	0
6	1030	1031	PE40	50	2	R	6,630648	0	0	0	-100	0	0
7	1030	1032	PE40	158	2	R	20,95284	0	0	0	-100	0	0
8	1032	1034	PE40	140	2	R	18,56581	0	0	0	-100	0	0
9	1032	1037	PE40	230	2	R	30,50098	0	0	0	-100	0	0
10	1037	1039	PE40	92	2	R	12,20039	0	0	0	-100	0	0
11	1037	1038	PE40	88	2	R	11,66994	0	0	0	-100	0	0
12	1029	1040	PE125	80	2	R	10,60903	0	0	0	-100	0	0
13	1040	1041	PE40	104	2	R	13,79174	0	0	0	-100	0	0
14	1041	1043	PE40	40	2	R	5,304518	0	0	0	-100	0	0
15	1043	1044	PE40	96	2	R	12,73084	0	0	0	-100	0	0
16	1042	1043	PE40	120	2	R	15,91355	0	0	0	-100	0	0
17	1041	1045	PE40	40	2	R	5,304518	0	0	0	-100	0	0
18	1045	1047	PE40	116	2	R	15,38310	0	0	0	-100	0	0
19	1045	1046	PE40	96	2	R	12,73084	0	0	0	-100	0	0
20	1040	1048	PE63	180	2	R	23,87033	0	0	0	-100	0	0
21	1048	1050	PE63	594	3	R	146,6503	0	0	0	-100	0	0
22	1050	1051	PE40	180	3	R	44,43950	0	0	0	-100	0	0
23	1050	1052	PE40	30	3	R	7,406583	0	0	0	-100	0	0

CHARGER Insert

Figure V.9

6^{ème} étape :

On clique sur

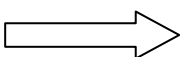


Nœuds

Dans cette étape on vérifie Le degré de chaque nœud et on introduit :

- Le numéro de nœud source ;
- La pression au nœud source ;
- Le numéro de nœud des clients importants et leur consommation ;

A la fin de l'étape on clique sur



CHARGER

pour passer à l'étape final (**Figure V.10**)

The screenshot shows the 'F_CARTES' software interface. At the top, there is a menu bar with 'Fichier', 'Editions', 'Simulations', 'Opérations', and 'Quitter'. Below the menu bar, the file path 'C:\APH2000\RESEAUX\Nouveau' is displayed. A 'FILTRE' button is located in the top right corner. The main window has a tabbed interface with 'Ouvrage', 'Tronçons', 'Noeuds', 'CARTES APHYRE', and 'Sous Réseau'. The 'Noeuds' tab is active, displaying a table with the following data:

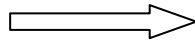
Ordre	GDD	TYPE	DEG	Liens	Q(m3/h)	P(bar)	Observations
1	1000	0	1		0	0	
2	1055	0	3		0	0	
3	1056	0	1		0	0	
4	1001	0	3		0	0	
5	1029	0	3		0	0	
6	1030	0	3		0	0	
7	1031	0	1		0	0	
8	1032	0	3		0	0	
9	1034	0	1		0	0	
10	1037	0	3		0	0	
11	1039	0	1		0	0	
12	1038	0	1		0	0	
13	1040	0	3		0	0	
14	1041	0	3		0	0	

Below the table, there is a 'CHARGER' button. At the bottom of the interface, there are two input forms. The left form has a tab 'N°SOURCE' and a 'LIBELLE' field. The right form has a tab 'N°CLIENT' and fields for 'LIBELLE', 'Q(m3/h)', and 'Coef'. Both forms have a 'CHARGER' button below them. Arrows from the text above point to the 'CHARGER' button in the top right and the 'CHARGER' button in the bottom right form.

Figure V.10

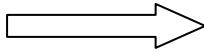
7^{ème} étape :

On clique d'abord sur



CARTES

On vérifie toutes les informations qui concerne notre réseau par simple clic sur



COHERANCE DU RESEAU

Comme nous le montre la (Figure V.11)

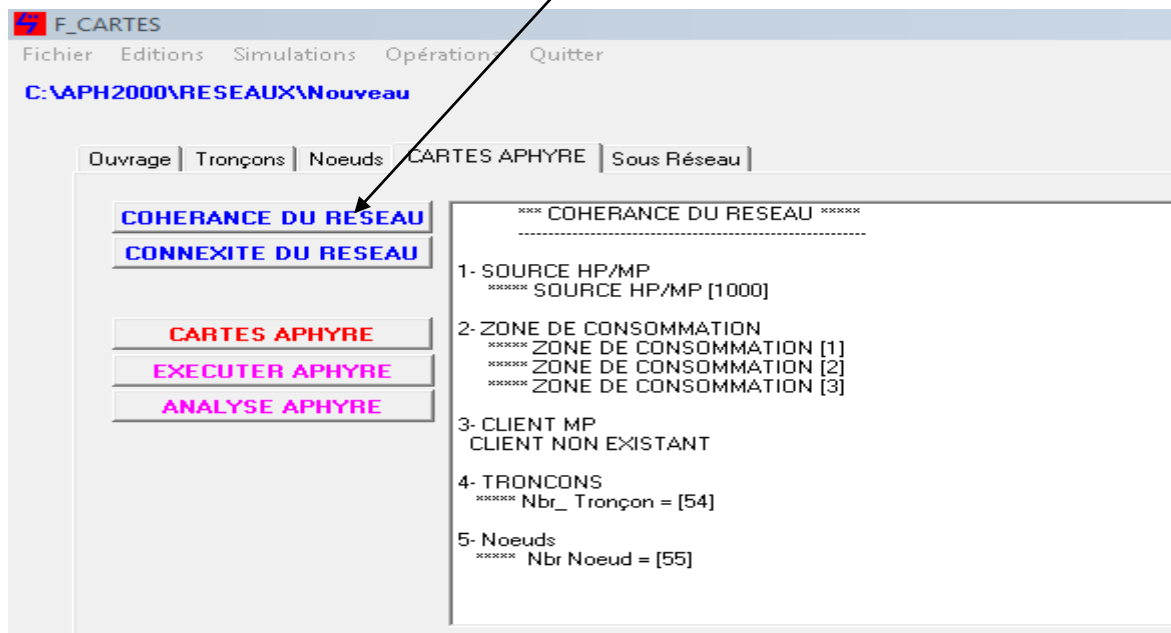
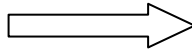


Figure V.11

Chapitre V : Dimensionnement de réseau

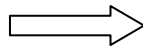
Une fois terminé on clique sur



CARTES

Un message signale la création des cartes APHYRE

Pour finir on clique sur



OK

pour pouvoir enregistrer les résultats de

Simulation de logiciel APHYRE

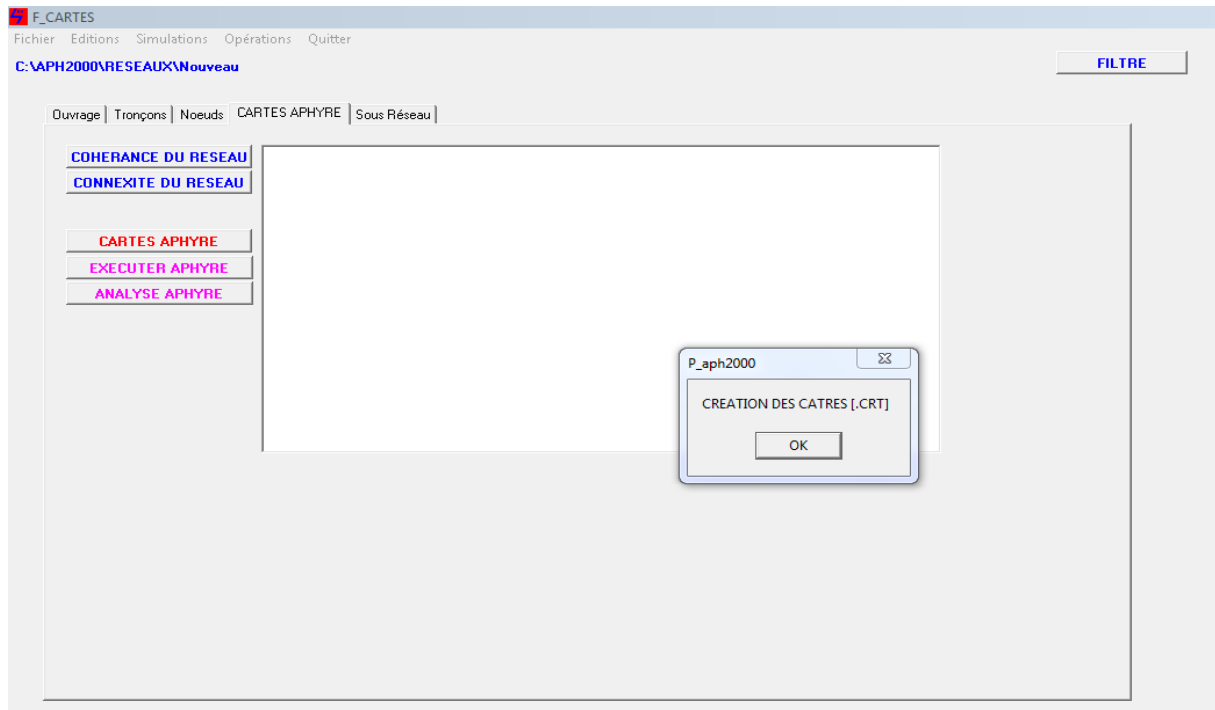


Figure V.12

V.10.1.Procédure d'analyse :

La procédure d'analyse par APHYRE se fait en plusieurs étapes :

1^{er} étape :

Il faut faire un choix initial du diamètre D_1 de l'artère principale qui doit avoir la plus grande valeur. Il doit aussi vérifier les conditions suivantes :

- La vitesse maximale ne doit pas dépasser les 20 m/s.
- Tenir compte des futures extensions.
- Avoir le cout minimal possible.

2^{eme} étape :

Exécution du programme

3^{eme} étape :

Analyse des résultats

Si $P < P_{\min \text{ adm}} = 1\text{bar}$: les diamètres qui ont les plus grandes pertes de charge doivent être augmentés.

Si $P > P_{\min \text{ adm}}$: les diamètres qui ont les plus petite pertes de charge doivent être diminués.

4^{eme} étape :

Répéter la troisième étape jusqu'à obtention d'une solution qui répond aux exigences technique et économique (solution optimale).

V.11. calculs

V.11.1.Choix de diamètre principal

D'après les calculs que l'on a déjà fait, le pic en consommation peut atteindre la valeur de 2636,53 m³/h. ce que nous conduit à la phase final de notre travail qui consiste en le choix des diamètres des différents tronçons du réseau.

Pour cela il faut vérifier la condition suivante $U = 354 \frac{Q}{P D^2} \leq 20 \text{ m/s}$

Tel que :

Q : débit circulant dans la conduite considérée (m^3/h) ;

P : pression absolue du gaz (bar) ;

D : diamètre intérieur de la conduite (mm) ;

U : vitesse du gaz (m/s) ;

La conduite la plus proche de site où se fera le piquage est située à une distance de 850 m de diamètre extérieur 125mm, de diamètre intérieur de 101mm, avec une pression en bout de réseau de 3,6 bar.

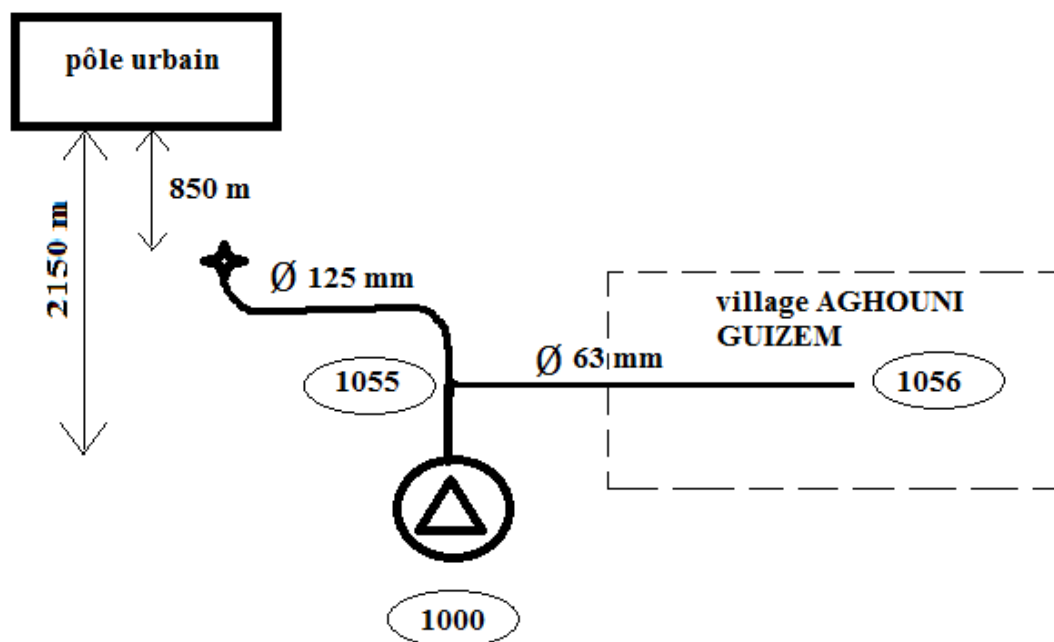


Figure V.13

$$U = 354 \frac{2636,53}{3,6 \times 101^2} = 25,41 \text{ m/s} > 20 \text{ m/s}$$

Le diamètre utilisé ne satisfait pas la condition de vitesse.

Pour cela on doit utiliser un diamètre 200mm plus grand donc on opte pour refaire toute la conduite (2150 m de site) et sortir avec un diamètre favorable du poste de détente est situé au village (IGHIL BOUZEL) en introduisant la consommation de ce village 305,2 m^3/h (pour 400 foyers) le débit total circulant dans la conduite considérée est de 2942 Nm^3/h

La relation précédente conduit à :

$$D \geq \sqrt{354 \frac{Q}{20 \times P}}$$

Application numérique :

$$Q = 2942 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

P = 4 bar (sortie du poste)

$$D \geq \sqrt{354 \frac{2942}{20 \times 4}} = 114,1 \text{ mm}$$

Ce que nous mènent à utilisé une conduite de 200 mm avec un diamètre intérieur de 163 mm a la sortie du poste détente pour satisfaire la condition de vitesse < 20 m/s.

Exécution du programme de calcul :

Les données à fournir au logiciel et cela pour chaque zone sont :

- Nom du réseau.
- Consommation total de chaque zone (domestique + tertiaire).
- Pression relative au nœud d'alimentation
- Numéros de tous les nœuds.
- Diamètre de chaque tronçon (mm)
- Longueur de chaque tronçon (m)

Tous les résultats de la simulation sont donnés en annexe.

V.11.2.Calcul des pertes de charge

Connaissant les diamètres et les longueurs des canalisations et les consommations des zones, le programme APHYRE se charge alors de calculer, d'une part les pressions en tous les nœuds, et d'autres part les débits dans tout les tronçons.

V.11.3. Analyse des résultats

V.11.3.1. Densité de consommation dans chaque zone :

Le tableau suivant illustre l'inhomogénéité de la consommation, ce qu'explique la forte consommation dans la zone 2 comparativement avec les autres zones. Dans la figure V.13, nous avons illustré le pourcentage d'utilisation de chaque diamètre dans le réseau étudié.

Zone	Consommation (Nm ³ /h)	Longueur (m)	Densité de consommation
01	1131,44	4486	0,252216
02	1065,92	2036	0,523536
03	744,37	2248	0,331125

Tab. V.13 : Densité de consommation

V.11.3.2. Longueur de conduite pour un diamètre donné

Diamètre en mm	33	51	102	163
Longueur en mètres	3606	1772	1242	2150

Tab.V.14 : Longueur de conduite pour un diamètre donné

La longueur total de canalisation du réseau est de : **8770** mètres

VALEUR MINIMUM NUMERO DE TRONCON VALEUR MAXIMUN NUMERO DE TRONCON

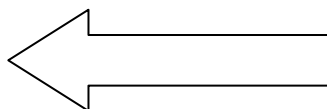
DIAMETRES	33,0	1030	1031	163,0	1055	1001		
LONGUEURS	10,	1009	1011	1350,	1055	1001		
DEBITS	1,261	1009	1011	2941,700	1000	1055		
PERTES DE CHARGES METRIQUE		0,00000		1009	1011	0,05963	1030	1032
PRESSIONS	1,7297	1038		4,0000	1055			

V.12.Récapitulatif des résultats

ETAT DU RESEAU		
Consommation total Nm ³ /h	2942	
Longueur totale (m)	8770,00	
Nombre de tronçons	54	
Nombre de nœuds	55	
Pression maximale (bars)	Nœud : 1000	Pression : 4,000
Pression minimale (bars)	Nœud : 1039	Pression : 1,7297

Tab V.17 : Résultats de la simulation du réseau

Figure V.14 : Schéma de distribution avec les diamètres et les pressions aux nœuds



Conclusion

Les résultats relatifs aux pressions obtenues pour l'état actuel avec une faible pression de 1,7297 bar ($> 1\text{bar}$) permet de répondre aux besoins de consommation même pour le cas le plus défavorable à $T_{r\ 2\%}$.

Alors la condition relative à la pression admissible dans le réseau ($1\text{bar} < \text{pression effective} < 4\text{ bar}$) est respectée.

Conclusion

Générale

Conclusion générale

Le présent travail nous a permis de réaliser une étude de développement de réseau du gaz d'Azazga. Suivant les données existantes, nous avons pu déterminer les pressions et les débits existants sur ce réseau pour une structure fixée pour des conditions d'alimentation et de consommation bien définies.

Un calcul nous mène à un débit nécessaire de $2640 \text{ Nm}^3/\text{h}$ pour satisfaire les besoins de consommation du nouveau pôle urbain, ce qui nous impose un diamètre commercial de la conduite principale de 200 mm. Nous avons donc opté pour la réalisation du réseau une combinaison de conduites en Polyéthylène de diamètres 200 mm, 125 mm, 63 mm, 40 mm.

L'alimentation du réseau de nouveau pôle urbaine d'IMLEL est prévue à partir du poste de détente d'AZAZGA, sa capacité actuelle est de $5000 \text{ m}^3/\text{h}$ qui est en cours d'extension pour atteindre $20\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ en mi 2015, largement suffisant pour couvrir les besoins de pôle puisqu'il ne sera pas achevée avant 2018.

L'extension du poste proposé va remplir deux principales fonctions ; palier à la chute de pression et satisfaire la demande en débit.

L'outil informatique utilisé pour la réalisation de différentes simulations est le logiciel Aphyre, ce dernier permet de donner facilement les informations nécessaires d'une manière relativement complètes et en un temps considérablement faible.

A l'issue de ce travail, nous considérons que les solutions proposées vont assurer un bon fonctionnement du réseau. Néanmoins il est nécessaire de procéder à une étude approfondie du poste de livraison afin de prendre en compte sa rentabilité ainsi que l'impact environnemental et sécuritaire de ce dernier.

Dans cette optique, il est également indispensable de surveiller l'état interne des conduites car l'augmentation des pertes de charge dû au dépôt des impuretés contenues dans le gaz entraîne des dépenses d'exploitation accrues.

Bibliographie

- [1] Mécanique des fluides et hydraulique 2^{ème} édition Ranald V. Giles, Jack B. Evett, Cheng Liu
- [2] J.LEFEBVRE « mesure des débits et des fluides »Masson
- [3] R. Rojey : Gaz naturel : production, traitement et transport
- [4] Mois physiques du comportement des gaz écoulement en conduite (M.NEVEU)
révision N°2 du 08/06/98 TRAN 98.2
- [5] Guide technique de distribution du gaz GTDG2001
- [6] Mécanique expérimentale des fluides tome II, 2^{ème} édition .R. COMOLET
- [7] Polyéthylène haute densité (RAYNALD DOSSOGNE) DOC. A 3 315
- [8] GDF. Manuel pour la construction des réseaux de DP gaz en PE.XNG B 527.2(1976)
- [9] Conception et construction des ouvrages GTDG N° 32 PL

Annexes

PROGRAMME : A P H Y R E (R2000)

ORIGINE : GAZ DE FRANCE

IMPLANTATION : SUR IBM ES-9000

NOVEMBRE 1992

1 LISTING DES DONNEES

PAGE 1

Etude de développement d'un réseau de distribution de gaz naturel

Application à la DP d'AZAZGA

1 -11 01 1 1

2 -12

3 -13 1 0,67 9999, 1 1,00

4 -08 0,62

5 -06

6 -06 1 1131,44

7 -06 2 1065,92

8 -06 3 744,37

9 -04

10 -041000 4

11 -02

12 -0210001055 0163 800 1

13 -0210551056 0051 400 1

14 -0210551001 0163 1350 1

15 -0210011029 0102 550 1

16 -0210291030 0051	34 2
17 -0210301031 0033	50 2
18 -0210301032 0033	158 2
19 -0210321034 0033	140 2
20 -0210321037 0033	230 2
21 -0210371039 0033	92 2
22 -0210371038 0033	88 2
23 -0210291040 0102	80 2
24 -0210401041 0033	104 2
25 -0210411043 0033	40 2
26 -0210431044 0033	96 2
27 -0210431042 0033	120 2
28 -0210411045 0033	40 2
29 -0210451047 0033	116 2
30 -0210451046 0033	96 2
31 -0210401048 0051	180 2
32 -0210481050 0051	594 3
33 -0210501051 0033	180 3
34 -0210501052 0033	30 3
35 -0210521053 0033	104 3
36 -0210521054 0033	280 3
37 -0210011002 0102	120 1
38 -0210021003 0102	16 1
39 -0210031033 0051	30 1
40 -0210331035 0033	66 1
41 -0210331004 0051	120 1
42 -0210041005 0033	30 1

43 -0210041006 0051	48 1
44 -0210031007 0102	220 1
45 -0210021008 0102	150 1
46 -0210081009 0033	80 1
47 -0210091011 0033	10 1
48 -0210091010 0033	74 1
49 -0210081012 0102	106 1
50 -0210121013 0033	134 1

X,,,,,,,,+,,,,,,,,,+,,,,,,,,,+,,,,,,,,,+,,,,,,,,,+,,,,,,,,,+,,,,,,,,,+,,,,,,,,,+

1 LISTING DES DONNEES

PAGE 2

X,,,,,,,,+,,,,,,,,,+,,,,,,,,,+,,,,,,,,,+,,,,,,,,,+,,,,,,,,,+,,,,,,,,,+,,,,,,,,,+

51 -0210121014 0051	12 1
52 -0210141015 0033	170 1
53 -0210141016 0051	150 2
54 -0210161017 0051	114 2
55 -0210171019 0033	40 2
56 -0210171018 0033	68 2
57 -0210161020 0051	90 3
58 -0210201021 0033	48 3
59 -0210201022 0033	74 3
60 -0210221023 0033	98 3
61 -0210221024 0033	194 3
62 -0210241025 0033	26 3
63 -0210251026 0033	80 3

64 -0210251027 0033 160 3

65 -0210241028 0033 290 3

66 -03

67 -03 100001

68 -03 105503

69 -03 105601

70 -03 100103

71 -03 102903

72 -03 103003

73 -03 103101

74 -03 103203

75 -03 103401

76 -03 103703

77 -03 103901

78 -03 103801

79 -03 104003

80 -03 104103

81 -03 104303

82 -03 104401

83 -03 104201

84 -03 104503

85 -03 104701

86 -03 104601

87 -03 104802

88 -03 105003

89 -03 105101

90 -03 105203

91 -03 105301
92 -03 105401
93 -03 100203
94 -03 100303
95 -03 103303
96 -03 103501
97 -03 100403
98 -03 100501
99 -03 100601
100 -03 100701

X,,,,,,,,+,,,,,,,,,+,,,,,,,,,+,,,,,,,,,+,,,,,,,,,+,,,,,,,,,+,,,,,,,,,+,,,,,,,,,+

1 LISTING DES DONNEES

PAGE 3

X,,,,,,,,+,,,,,,,,,+,,,,,,,,,+,,,,,,,,,+,,,,,,,,,+,,,,,,,,,+,,,,,,,,,+,,,,,,,,,+

101 -03 100803
102 -03 100903
103 -03 101101
104 -03 101001
105 -03 101203
106 -03 101301
107 -03 101403
108 -03 101501
109 -03 101603
110 -03 101703
111 -03 101901

112 -03 101801
113 -03 102003
114 -03 102101
115 -03 102203
116 -03 102301
117 -03 102403
118 -03 102503
119 -03 102601
120 -03 102701
121 -03 102801
122 -99
123 -

1

TRAITEMENT DU RESEAU DE

1NB, DE NOEUDS MAILLES 1 NB, DE NOEUDS ANTENNES 54 NB, DE NOEUDS DU RESEAU 55
NB, DE TRONCONS DU RESEAU 54

1

ETUDE PHYSIQUE DE RESEAU MAILLE DE CONDUITES DE GAZ

```
*****
*
*
*
*
*
*
*
*
*
*****
```

COEFFICIENT MULTIPLICATEUR DES CONSOMMATIONS PAR ZONE 1,0000

ZONE	CONSOMMATION	LONGUEUR	DENSITE DE CONSOMMATION
------	--------------	----------	-------------------------

1	1131,44	4486,	0,252216
---	---------	-------	----------

2	1065,92	2036,	0,523536
---	---------	-------	----------

3	744,37	2248,	0,331125
---	--------	-------	----------

0NB, DE NOEUDS MAILLES	1	NB, DE NOEUDS ANTENNES	54	NB, DE NOEUDS DU RESEAU	55
------------------------	---	------------------------	----	-------------------------	----

0NB, DE TRONCONS MAILLES	0	NB, DE TRONCONS ANTENNES	54	NB, DE TRONCONS DU RESEAU	54
--------------------------	---	--------------------------	----	---------------------------	----

0CONSOMMATION TOTALE	2942, M3/H	DENSITE FICTIVE	0,67
----------------------	------------	-----------------	------

LONGUEUR DE CONDUITE POUR UN DIAMETRE DONNE

DIAMETRES EN MM	33	51	102	163
-----------------	----	----	-----	-----

LONGUEURS EN METRES	3606,	1772,	1242,	2150,
---------------------	-------	-------	-------	-------

SOMME DES LONGUEURS DE CANALISATION DU RESEAU 8770,00 METRES

1 *****

* *

* NOEUDS MAILLES *

* *

NUMERO	PRESSION	PERTES	CONSUM,	CONSUM,
DE	POUR PO	DE	INTRODUITE	
NOEUDS	= 4,000	CHARGES	CALCULEE	EN DONNEE
	BARS	QUADRATIQUES	M3/H	M3/H

-----	-----	-----	-----	-----
0	- 1000	4,000	0,000	-2941,700 2941,700

1 *****

* *

* NOEUDS ANTENNES *

* *

NUMERO	PRESSION	PERTES	/	/	NUMERO	PRESSION	PERTES
DE	POUR PO	DE	/	/	DE	POUR PO	DE
NOEUDS	= 4,000	CHARGES	/	/	NOEUDS	= 4,000	CHARGES
	BARS	QUADRATIQUES	/	/		BARS	QUADRATIQUES

-----	-----	-----	/	/	-----	-----	-----
0	1001	3,736	2,592	/	/	1002	3,716 2,778

0	1003	3,716	2,778	/	/	1004	3,713	2,806
0	1005	3,713	2,807	/	/	1006	3,713	2,807
0	1007	3,716	2,779	/	/	1008	3,699	2,936
0	1009	3,692	3,002	/	/	1010	3,692	3,008
0	1011	3,692	3,002	/	/	1012	3,690	3,028
0	1013	3,686	3,063	/	/	1014	3,663	3,281
0	1015	3,655	3,352	/	/	1016	3,400	5,684
0	1017	3,391	5,757	/	/	1018	3,389	5,777
0	1019	3,391	5,761	/	/	1020	3,322	6,367
0	1021	3,321	6,370	/	/	1022	2,891	9,936
0	1023	2,888	9,960	/	/	1024	2,132	15,316
0	1025	2,111	15,444	/	/	1026	2,109	15,458
0	1027	2,096	15,541	/	/	1028	2,048	15,836
0	1029	3,541	4,408	/	/	1030	3,501	4,772
0	1031	3,500	4,781	/	/	1032	2,304	14,194
0	1033	3,715	2,792	/	/	1034	2,281	14,348
0	1035	3,714	2,796	/	/	1037	1,738	17,652
0	1038	1,731	17,693	/	/	1039	1,730	17,699
0	1040	3,529	4,520	/	/	1041	2,941	9,540
0	1042	2,877	10,040	/	/	1043	2,890	9,940

1

NUMERO	PRESSION	PERTES	/	/	NUMERO	PRESSION	PERTES	
DE	POUR PO	DE	/	/	DE	POUR PO	DE	
NOEUDS	= 4,000	CHARGES	/	/	NOEUDS	= 4,000	CHARGES	
	BARS	QUADRATIQUES	/	/		BARS	QUADRATIQUES	
-----	-----	-----	/	/	-----	-----	-----	
0	1044	2,883	9,993	/	/	1045	2,892	9,928

0	1046	2,885	9,981	/	/	1047	2,880	10,018
0	1048	3,277	6,756	/	/	1050	2,842	10,313
0	1051	2,825	10,449	/	/	1052	2,798	10,653
0	1053	2,794	10,682	/	/	1054	2,736	11,124
0	1055	3,883	1,164	/	/	1056	3,873	1,260

1

* *

* TRONCONS ANTENNES *

* *

NUMERO DE NOEUDS EXTREMITES			DEBIT		PERTES DE	
DU TRONCON			DIAMETRE	LONGUEUR	CHARGES	
NOEUD J	NOEUD I	I VERS J			QUADRATIQUES	
		M3/H	MM	M	PAR METRE	
-----	-----	-----	-----	-----	-----	
0	1001	1055	2468,800	163,0	1350,0	0,0010575
0	1002	1001	880,190	102,0	120,0	0,0015502
0	1003	1002	131,660	102,0	16,0	0,0000488
0	1004	1033	34,806	51,0	120,0	0,0001225
0	1005	1004	3,783	33,0	30,0	0,0000176
0	1006	1004	6,053	51,0	48,0	0,0000051
0	1007	1003	27,744	102,0	220,0	0,0000029
0	1008	1002	712,460	102,0	150,0	0,0010551
0	1009	1008	31,275	33,0	80,0	0,0008217
0	1010	1009	9,332	33,0	74,0	0,0000910

0	1011	1009	1,261	33,0	10,0	0,0000024
0	1012	1008	638,820	102,0	106,0	0,0008651
0	1013	1012	16,898	33,0	134,0	0,0002680
0	1014	1012	590,140	51,0	12,0	0,0211525
0	1015	1014	21,438	33,0	170,0	0,0004133
0	1016	1014	506,480	51,0	150,0	0,0160150
0	1017	1016	86,384	51,0	114,0	0,0006405
0	1018	1017	17,800	33,0	68,0	0,0002946
0	1019	1017	10,471	33,0	40,0	0,0001122
0	1020	1016	336,090	51,0	90,0	0,0075923
0	1021	1020	7,947	33,0	48,0	0,0000679

1

NUMERO DE NOEUDS EXTREMITES			DEBIT		PERTES DE	
DU TRONCON			DIAMETRE	LONGUEUR	CHARGES	
NOEUD J	NOEUD I	I VERS J			QUADRATIQUES	
		M3/H	MM	M	PAR METRE	
-----	-----	-----	-----	-----	-----	

0	1022	1020	293,050	33,0	74,0	0,0482289
0	1023	1022	16,225	33,0	98,0	0,0002489
0	1024	1022	216,220	33,0	194,0	0,0277322
0	1025	1024	83,775	33,0	26,0	0,0049379
0	1026	1025	13,245	33,0	80,0	0,0001720
0	1027	1025	26,490	33,0	160,0	0,0006074
0	1028	1024	48,013	33,0	290,0	0,0017929
0	1029	1001	1333,900	102,0	550,0	0,0033036
0	1030	1029	405,740	51,0	34,0	0,0106963
0	1031	1030	13,088	33,0	50,0	0,0001683

0	1032	1030	329,300	33,0	158,0	0,0596336
0	1033	1003	70,368	51,0	30,0	0,0004410
0	1034	1032	36,648	33,0	140,0	0,0010966
0	1035	1033	8,323	33,0	66,0	0,0000739
0	1037	1032	154,440	33,0	230,0	0,0150320
0	1038	1037	23,036	33,0	88,0	0,0004710
0	1039	1037	24,083	33,0	92,0	0,0005107
0	1040	1029	828,960	102,0	80,0	0,0013899
0	1041	1040	293,180	33,0	104,0	0,0482679
0	1042	1043	31,412	33,0	120,0	0,0008283
0	1043	1041	123,550	33,0	40,0	0,0100145
0	1044	1043	25,130	33,0	96,0	0,0005519
0	1045	1041	121,460	33,0	40,0	0,0097083
0	1046	1045	25,130	33,0	96,0	0,0005519

1

NUMERO DE NOEUDS EXTREMITES			DEBIT		PERTES DE	
DU TRONCON			DIAMETRE	LONGUEUR	CHARGES	
NOEUD J	NOEUD I	I VERS J			QUADRATIQUES	
		M3/H	MM	M	PAR METRE	
-----	-----	-----	-----	-----	-----	
0	1047	1045	30,365	33,0	116,0	0,0007787
0	1048	1040	440,500	51,0	180,0	0,0124224
0	1050	1048	295,030	51,0	594,0	0,0059893
0	1051	1050	29,801	33,0	180,0	0,0007526
0	1052	1050	132,120	33,0	30,0	0,0113145
0	1053	1052	17,219	33,0	104,0	0,0002773
0	1054	1052	46,358	33,0	280,0	0,0016820

0	1055	1000	2941,700	163,0	800,0	0,0014548
0	1056	1055	50,443	51,0	400,0	0,0002406
1						

CLASSEMENT DES 6 PLUS GRANDES PERTES DE CHARGES METRIQUES

NUMERO	DE NOEUDS EXTREMITES	PERTES DE
DU TRONCON		CHARGES
		QUADRATIQUES
		PAR METRE

-----	-----	-----
1030	1032	0,05963357
1040	1041	0,04826789
1020	1022	0,04822895
1022	1024	0,02773220
1012	1014	0,02115247
1014	1016	0,01601497

PERTE DE CHARGE LA PLUS FORTE

NOEUD 1039 PRESSION 1,7297 PERTE DE CHARGE 17,69862

IL N'Y A PAS DE POINT NEUTRE DANS CE RESEAU

1RESEAU 2

FAIT LE 0 0123456789 0 A 0 H 0 MN 0 S

+ M,P,

PAR LA METHODE DES NOEUDS GAUSS

+ -SEIDEL

+ (MATRICE COMPLETE)

OIBP = 1 D = 0,670 PMIN = 9999,00 ICON = 1 ILECTU= 0 INFLU= 0 ISTO = 0 PO = 0,000 NLECTU= 0

OOMEGA= 1,80 RO = 1,0 RATON= 100, COEF1= 1,00 COEF2= 0,00 COEF3= 0,00

OSYSTEME NON LINEAIRE NOMBRE D'ITERATIONS MAXIMUM 70 ERREUR TOLEREE 58,83489

0 NOMBRE D'ITERATIONS EXECUTEES 0

+ ERREUR TOTALE 0,00000

OCONSOMMATION TOTALE 2942, LONGUEUR TOTALE DE CANALISATIONS 8770, PERTE DE CHARGE LA PLUS FORTE 17,699 NOEUD 1039

0 DIMENSION

NOMBRE DE TRONCONS DU RESEAU = 54 2400

ONOMBRE DE NOEUDS DANS LE RESEAU = 55 2200

ONOMBRE DE NOEUDS DANS LE RESEAU MAILLE = 1 2200
 ONOMBRE DE NOEUDS DANS LE RESEAU ANTENNE = 54 2200
 OLONGUEUR DU FICHIER UTILISE DE NOE = 164 8800
 OLONGUEUR DU FICHIER UTILISE DE NOE Z, INFLUENCE= 0
 OLONGUEUR DU FICHIER UTILISE DE ITRO=NOE ANTENNE = 161 8800
 OLONGUEUR DU FICHIER UTILISE DE ITRO= NOE MAILLE = 107
 OLONGUEUR DU FICHIER UTILISE DE ITRO IND, SORTIE= 1
 OLE NOMBRE DE ZONE = 3 200
 OLE NOMBRE DE NOEUDS D'ALIMENTATIONS = 1 200
 OLE NOMBRE DE NOEUDS CONSOMMATONS PONCTUELLES = 0 2200
 OLE NOMBRE DE POINTS NEUTRES = 0 100
 OLE NOMBRE DE NOEUDS RELIES A UN NOEUD = 3 20

1

ORESEAU 2

FAIT LE 0 0123456789 0 A 0 H 0 MN 0 S

+ M,P,

0 MAILLES ANTENNES DANS LE RESEAU

NOMBRE DE NOEUDS 1 54 55

NOMBRE DE TRONCONS 0 54 54

NUMERO DES NOEUDS D'ALIMENTATION DU RESEAU 1000

TRONCON	VALEUR MINIMUM	NUMERO DE TRONCON		VALEUR MAXIMUN	NUMERO DE	
---------	----------------	-------------------	--	----------------	-----------	--

DIAMETRES	33,0	1030	1031	163,0	1055	1001
-----------	------	------	------	-------	------	------

LONGUEURS	10,	1009	1011	1350,	1055	1001
-----------	-----	------	------	-------	------	------

DEBITS	1,261	1009	1011	2941,700	1000	1055
--------	-------	------	------	----------	------	------

PERTES DE CHARGES METRIQUE	0,00000	1009	1011	0,05963	1030	1032
----------------------------	---------	------	------	---------	------	------

PRESSIONS	1,7297	1038	4,0000	1055
-----------	--------	------	--------	------

Résumé

Ce présent travail a pour objectif, l'étude de développement de réseau de gaz d'Azazga. Le gaz naturel à une importance capitale pour le développement socio-économique et industriel.

Cependant, la présence de plus en plus fréquente de difficultés pour assurer une bonne qualité de service sur les réseaux existants incite à développer des études de simulation permettant de déterminer très précisément la réponse de réseau aux charges prévisionnelles en terme de débit et de pression.

Suivant les prévisions de charge et les sollicitations existantes suite à l'accroissement de la population et le développement de la vie économique, on résout les problèmes engendrés par des solutions techniquement faisables.

L'étude de développement élaborée à l'aide de logiciel Aphyre, globalement répond de manière très satisfaisante à de nombreux tests sur les horizons futurs.

Abstract

The purpose of this work is to study the gas network development of Azazga. Natural gas has a fundamental importance for the socio-economic and industrial development.

However, the increasing of difficulties to ensure a good quality of service on the existing gas networks encourages to develop simulations in order to make it possible for determining very precisely the response of gas network to the estimated solicitations in term of flow and pressure.

According to the forecast solicitations and the existing requirements considering the increase in population and the development of the standard of living, we solve the generated problems by using technical solutions.

The simulation of gas network development is achieved by using Aphyre software, which gives best results for numerous simulations for the future horizon.