

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد-

Université Aboubakr Tlemcen

Belkaïd- Tlemcen –Faculté de
TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : Hydraulique

Spécialité : Hydraulique Urbaine

Par : GACEM Mohammed El Amine

Thème

Étude de dimensionnement et techniques de réalisation d'un réseau de distribution de gaz de HAMMAM BOUGHRARA

Soutenu publiquement, le / / , devant le jury composé de :

Mme. ADJIM Hayat

M. HABI Mohamed

M. TERKI HASSAINE Taha El Amine

M. BOUCHELKIA Hamid

MCB

Pr.

MCB

Pr.

Université de Tlemcen

Université de Tlemcen

Université de Tlemcen

Université de Tlemcen

Présidente

Examineur

Encadreur

Co-Encadreur

Résumé

Ce présent travail a pour objectif, l'étude de de réseau de gaz de hamam boughrara. 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 Règle de calcul des pertes de charge dans les canalisations du gaz (modèle 1984) de logiciel Aphyre, globalement répond de manière très satisfaisante à de nombreux tests sur les horizons futurs.

Mots clés: Réseau de gaz, le développement, débit ,pression.

ملخص

يهدف هذا العمل الحالي إلى دراسة شبكة غاز حمام بوغرة ، حيث يعتبر الغاز الطبيعي ذا أهمية قصوى للتنمية الاقتصادية والاجتماعية والصناعية.

ومع ذلك ، فإن الوجود المتكرر بشكل متزايد للصعوبات في ضمان جودة الخدمة الجيدة على الشبكات الحالية يشجع على تطوير دراسات المحاكاة لتحديد استجابة الشبكة لأحمال التنبؤ من حيث التدفق والضغط بدقة شديدة.

اعتمادًا على توقعات الحمل والطلبات الحالية بعد الزيادة في عدد السكان وتطور الحياة الاقتصادية ، يتم حل المشكلات الناتجة عن الحلول الممكنة تقنيًا.

تم إعداد دراسة التطوير باستخدام القاعدة لحساب انخفاض الضغط في خطوط أنابيب الغاز (نموذج 1984) لبرنامج Aphyre ، بشكل عام يستجيب بشكل مرض للغاية للعديد من الاختبارات في الآفاق المستقبلية.

الكلمات المفتاحية: شبكة الغاز ، التطوير ، التدفق ، الضغط .

Abstract

This present work aims to study the gas network of hamam boughrara. Natural gas is of paramount importance for socio-economic and industrial development.

However, the increasingly frequent presence of difficulties in ensuring good quality of service on existing networks encourages the development of simulation studies to determine very precisely the network response to forecast loads in terms of flow and pressure.

Depending on the load forecasts and the existing demands following the increase in population and the development of economic life, the problems caused by technically feasible solutions are solved.

The development study drawn up using the Rule for calculating pressure drops in gas pipelines (model 1984) of Aphyre software, overall responds very satisfactorily to numerous tests on future horizons.

Keywords: Gas network, development, flow, pressure.



Remerciements



Je remercie tout d'abord Allah le tout puissant qui nous a donné la force, la volonté et la patience afin d'accomplir ce modeste travail.

Je remercie fortement mes encadreurs : M^r TERKI HASSAINE Taha El Amine et M^r BOUCHELKIA Hamid qui m'ont aidé et m'ont orienté par ses conseils judicieux dans le but de mener à bien ce travail.

Je remercie les membres du jury Madame ADJIM Hayet et Monsieur HABI Mohammed de m'avoir fait l'honneur d'examiner ce travail.

Je remercie également :

M^r BENOSMAN Faysal chef division développement réseau gaz dans Sonalgaz Tlemcen.

M^{lle} MESLI Siham

Tout les enseignants du département de l'hydraulique de la faculté de technologie université de Tlemcen.

Je remercie mes chers parents qui m'ont suivi de loin et de près mes recherches.

Aussi, je remercie tous mes proches, mes collègues ainsi que mes chers amis et amis qui ont accordé leurs sincères amitiés et confiances ; à qui devais notre reconnaissances et notre attachement.

Enfin je remercie tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.

AMINE





Dédicace



Je dédie ce modeste travail

*À mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de
bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir,*

À mon père.

*À la lumière de mes jours, la source de mes efforts, ma raison d'être, le
symbole de tendresse ma vie et mon bonheur,*

ma mère que j'adore.

Mes frères et Ma sœur

Toute la famille sans exception

À mes amis

À toute ma promotion master 2 hydraulique urbaine 2022/2023

Et à tous ceux qui m'ont aidé à réaliser ce travail

AMINE



Liste des figures

Figure I.1 : Différentes sources de gaz naturel.....	3
Figure II.1: Schéma simplifié d'un réseau ramifié.....	6
Figure II.2 : Schéma simplifié d'un réseau maillé.....	7
Figure II.3: Schéma simplifié d'un réseau mixte.....	7
Figure II.4 : Optimum économique.....	10
Figure III.1: Écart (a) mesuré entechniqued'électrosoudage.....	17
Figure IV.1: Composants d'un poste de détente.....	25
Figure IV.2 : Schéma d'un poste de détente à deux lignes.....	28
Figure IV.3 : Schéma descriptif du mode de raccordement d'un poste de détente en plein air.....	29
Figure V.1 : Topographie de la commune de Hammam Boughrara.....	35
Figure V.2 : Schéma représentatif de l'ensemble des mailles et des noeuds.....	44
Figure V.3 : Pression aval calculée avec la méthode manuelle et par le logiciel APHYRE.....	52
Figure V.4 : Pression aval calculée en fonction du diamètre normalisé (méthode manuelle et logiciel APHYRE).....	53

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Composition types d'un gaz sec et d'un gaz humide ou à condensat.....	4
Tableau II.1: Piquages de branchement destinés aux abonnés industriels (MP) à $Q \geq 100 \text{ Nm}^3/\text{h}$	8
Tableau II.2 : Diamètres commerciaux pour les différents types de réseaux.....	11
Tableau III.1 : MRS 80 – SDR 11.....	14
Tableau III.2 : Espace maximal admissible en technique électrosoudage.....	16
Tableau III.3 : Ovalisation par diamètre du tube.....	16
Tableau III.4 : Écart admissible en technique d'électrosoudage.....	17
Tableau III.5 : Diamètres des tubes en polyéthylène normalisés.....	20
Tableau III.6 : Valeurs normalisées du diamètre intérieur du fourreau.....	22
Tableau V.1: Caractéristiques du gaz de HASSI-R'MEL.....	36
Tableau V.2 : Tableau récapitulatif des débits horaires et annuels des abonnés domestiques.....	38
Tableau V.3 : Tableau récapitulatif des débits horaires des abonnés non domestiques.....	40

Liste des abréviations

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	$C_{j_{CH}}$	-	[Th/j]
Consommation annuelle	C_T	-	[Th/h]
Débit horaire chauffage	C_{hCH}	-	[Th/h]
Nombre de degrés jour	N_{dj}		[K]
La température seuil de chauffage	T_s		[K]
La température risque 2%	$T_{2\%}$		[K]
La température risque 50%	$T_{50\%}$		[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	$L^2 T^{-2} K^{-1}$	[J/Kg.K]
Gravité	g	$L T^{-2}$	[m/s ²]

Symboles utilisés par SONEGGAZ

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

Table des matières

Résumé	
ملخص	
Abstract	
Remerciements	
Dédicace	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Symboles utilisés par SONEGAS	
Table des matières	
INTRODUCTION GÉNÉRALE	- 1 -
I.1. Introduction	- 2 -
I.2. Définition de gaz naturel	- 2 -
I.3. Sources de gaz naturel	- 2 -
I.4. Nature des constituants présents dans le gaz naturel	- 3 -
I.5. Différents types de gaz naturel [3]	- 4 -
I.6. Caractéristiques du gaz naturel [3]	- 4 -
II.1. Introduction	- 5 -
II.2. Définition des différents types de réseaux [5]	- 5 -
II.2.1. Réseau de transport	- 5 -
II.2.2. Réseau de répartition	- 5 -
II.2.3. Réseau de distribution	- 5 -
II.2.3.1. Conception des réseaux de distribution	- 6 -
II.2.3.1.1. Tronçon	- 6 -
II.2.3.1.2. Nœud	- 6 -
II.2.3.1.3. Degré	- 6 -
II.2.3.1.4. Point d'injection ou nœud d'injection	- 6 -
II.2.3.1.5. Réseau	- 6 -
II.2.3.2. Structure des réseaux de distribution	- 7 -
II.2.3.2.1. Réseau primaire	- 8 -
II.2.3.2.2. Réseau secondaire	- 8 -
II.2.3.2.3. Réseau tertiaire	- 9 -

II.3. Architecture des réseaux	- 9 -
II.3.1. Sécurité des personnes et des biens	- 9 -
II.3.2. Qualité et continuité de service	- 9 -
II.3.3. Facilité d'exploitation et d'entretien des ouvrages	- 9 -
II.3.4. Adaptabilité dans le temps des ouvrages	- 9 -
II.3.5. Optimum économique	- 10 -
II.4. Dimensionnement	- 10 -
II.5. Canalisations	- 11 -
II.6. Détermination du tracé	- 11 -
III.1. Introduction	- 12 -
III.2. Définition du polyéthylène [5]	- 12 -
III.3. Caractéristiques du polyéthylène	- 12 -
III.3.1. Abrasion	- 13 -
III.3.2. Flexibilité	- 13 -
III.3.3. Légèreté	- 13 -
III.3.4. Corrosion	- 13 -
III.3.5. Effets chimiques	- 13 -
III.3.6. Stabilité thermique	- 13 -
III.3.7. Résistance aux rayons UV	- 14 -
III.3.8. Conditions thermiques et électriques	- 14 -
III.3.9. Atoxicité	- 14 -
III.4. Propriétés des tubes en PE	- 14 -
III.4.1. Dimensions et masses	- 14 -
III.4.2. Qualités des tubes	- 14 -
III.5. Techniques de réalisation [4]	- 15 -
III.6. Limites d'utilisation [5]	- 15 -
III.6.1. Pression de service	- 15 -
III.6.2. Température	- 15 -
III.6.3. Lumière	- 15 -
III.6.4. Implantation	- 15 -
III.7. Recommandations	- 15 -
III.8. Préparation des surfaces	- 16 -
III.9. Protection contre les effets de la chaleur	- 17 -
III.9.1. Fourreaux	- 18 -

III.9.2. Détection des tubes en PE	- 18 -
III.10. Accessoires utilisés [8]	- 18 -
III.10.1. Disposition du réseau	- 18 -
III.10.1.1. Vanne	- 18 -
III.10.1.2. Raccords	- 18 -
III.10.1.3. Raccords AMP	- 19 -
III.10.1.4. Joints à garniture élastique	- 19 -
III.10.1.5. Raccords de transition	- 19 -
III.11. Avantages et inconvénients	- 19 -
III.11.1. Avantages	- 19 -
III.11.2. Inconvénients	- 20 -
III.12. Protection des ouvrages [9]	- 20 -
III.12.1. Protection passive	- 20 -
III.12.1.1. Revêtements	- 20 -
III.12.1.1.1. Caractéristiques du revêtements	- 20 -
III.12.1.1.2. Différents types de revêtement	- 21 -
III.12.1.2. Croisement et proximité d'ouvrages métalliques	- 21 -
III.12.1.3. Fourreaux	- 21 -
III.12.1.3.1. Particularités du fourreau	- 21 -
IV.1. Introduction	- 23 -
IV.2. Définition d'un poste de détente	- 23 -
IV.3. Fonction d'un poste de détente	- 23 -
IV.3.1. Postes de pré-détente [6]	- 23 -
IV.3.1.1. Pré-détente technique	- 24 -
IV.3.1.2. Pré-détente de sécurité	- 24 -
IV.3.2. Postes de livraison	- 24 -
IV.3.2.1. Poste de livraison à une distribution publique (DP)	- 24 -
IV.3.2.2. Poste de livraison à un client industriel	- 24 -
IV.4. Mode de raccordement du poste	- 24 -
IV.4.1. Composants d'un poste de détente [6]	- 24 -
IV.4.2. Conception d'un poste de détente [7]	- 25 -
IV.4.2.1. Filtration du gaz	- 25 -
IV.4.2.2. Détente	- 25 -
IV.4.2.3. Sécurité contre les surpressions	- 25 -

IV.4.2.3.1. Ensemble de deux vannes de sécurité (V.S.)	- 25 -
IV.4.2.3.2. Montage Monitor avec vanne de sécurité	- 26 -
IV.4.2.3.3. Débits	- 26 -
IV.4.2.3.4. Implantation des postes	- 26 -
IV.4.2.3.5. Isolement du poste	- 26 -
IV.4.2.4. By-pass	- 26 -
IV.4.2.5. Comptage	- 27 -
IV.4.2.6. Froid	- 27 -
IV.4.2.7. Systèmes de sécurité de pression	- 27 -
IV.5. Modes d'installation [6]	- 28 -
IV.6. Maintenance des postes de détente [6]	- 29 -
IV.6.1. Inspections	- 29 -
IV.6.2. Essais de fonctionnement	- 29 -
IV.6.3. Révision	- 30 -
IV.6.4. Enregistrement des actes de maintenance	- 30 -
IV.6.5. Intervention	- 30 -
IV.7. Dispositifs de sécurité [7]	- 30 -
IV.7.1. Vannes de sécurité	- 30 -
IV.7.2. Soupapes de sécurité	- 31 -
IV.7.3. Vannes oléopneumatiques (line break)	- 31 -
IV.7.4. Torches et événements	- 31 -
IV.8. Surveillance des postes de détente [7]	- 31 -
IV.9. Recommandations de sécurité [8]	- 31 -
IV.10. Protection contre incendie [7]	- 32 -
IV.11. Odorisation [7]	- 32 -
IV.12. Aménagement de l'emplacement	- 32 -
IV.13. Zones de sécurité	- 33 -
IV.13.1. Première zone	- 33 -
IV.13.2. Deuxième zone	- 33 -
IV.14. Distances de sécurité [7]	- 33 -
Distances entre les postes et les voies publiques et voies ferrées	- 33 -
Distances entre les postes et les diverses constructions voisines	- 33 -
Distances entre les postes et les lignes électriques aériennes HT	- 33 -
IV.15. Conclusion	- 34 -

V.1. Introduction	- 35 -
V.2. Présentation de la structure	- 35 -
V.3. Caractéristiques physico-chimique du gaz naturel de HASSI-R'MEL [5]	- 36 -
V.3.1. Masse volumique	- 36 -
V.3.2. Pouvoir calorifique	- 37 -
V.3.3. Densité	- 37 -
V.3.3.1. Densité réelle du gaz	- 37 -
V.3.3.2. Densité fictive de référence du gaz	- 37 -
V.3.4. Viscosité	- 37 -
V.4. Paramètres climatologiques	- 38 -
V.5. Données de consommation [4]	- 38 -
V.5.1. Consommation unitaire domestique	- 39 -
V.5.1.1. Consommation horaire chauffage C_{hCH}	- 39 -
V.5.1.2. Consommation horaire hors chauffage C_{hHCH}	- 39 -
V.5.2. Consommation unitaire total	- 40 -
Méthodes de calcul des consommations des abonnés tertiaires et administratifs [5]	- 40 -
V.6.1. Abonnés domestiques	- 40 -
V.6.2. Abonnés non domestiques	- 40 -
V.6.2.1. Secteur administratif	- 40 -
V.6.2.2. Secteur santé	- 40 -
V.6.2.3. Secteur éducation	- 41 -
V.6.2.4. Secteur tertiaire	- 41 -
Règle (A) calcul des pertes de charge dans les canalisations du gaz (modèle 1984) [9]	- 41 -
V.8. Détermination des diamètres avec APHYRE	- 43 -
V.8.1. Première étape	- 43 -
V.8.2. Deuxième étape	- 45 -
V.8.3. Troisième étape	- 45 -
V.8.4. Quatrième étape	- 46 -
V.8.5. Cinquième étape	- 47 -
V.8.6. Sixième étape	- 48 -
V.8.7. Septième étape	- 49 -
V.9. Procédure d'analyse	- 51 -
V.10. Comparaison entre les résultats manuels et les résultats calculés par APHYRE	- 52 -
V.11. Conclusion	- 54 -

CONCLUSION GÉNÉRALE.....	- 55 -
Références Bibliographiques	
Annexes	



Introduction générale

INTRODUCTION GÉNÉRALE

À une époque de croissance explosive de la consommation mondiale d'énergie, l'utilisation du gaz naturel se développe avant les autres sources d'énergie. Le gaz naturel est considéré comme un combustible plus propre et plus écologique que la plupart des autres combustibles fossiles. Son avantage environnemental relatif par rapport au charbon ou au pétrole est des émissions négligeables de dioxyde de soufre et de faibles niveaux d'oxydes d'azote et de dioxyde de carbone.

L'industrie du gaz naturel est fortement réglementée et le marché du gaz naturel évolue vers une plus grande libéralisation. Cette tendance ouvre le marché à une plus grande concurrence et rend l'industrie du gaz naturel plus dynamique et innovante. De plus, le gaz naturel peut être transporté et distribué plus facilement aux consommateurs grâce à de nombreuses avancées technologiques. Ces innovations permettent également d'améliorer les applications existantes et d'en imaginer de nouvelles.

De ce point de vue, le présent travail intitulé « Étude de développement du réseau de gaz de Hammam Boughrara » vise à améliorer la qualité de service et à répondre aux besoins du nombre croissant de clients, compte tenu des évolutions socio-économiques que nous enregistrons actuellement.

Pour cela nous avons fait le plan de travail suivant :

- 1) Généralité sur le gaz naturel;
- 2) Description des réseaux de distribution de gaz;
- 3) Techniques et matériaux utilisés;
- 4) Postes de détente de gaz;
- 5) Collecte et analyse des données du réseau de gaz pour le calcul et le dimensionnement de ce dernier avec la méthode manuelle Règle A calcul des pertes de charge dans les canalisations de gaz et la simulation numérique par le logiciel APHYRE.



Chapitre I : Généralités sur le gaz naturel

Introduction

Le gaz naturel est devenu une ressource clé dans le système énergétique mondial en raison de son abondance, de sa polyvalence et de ses émissions relativement faibles de dioxyde de carbone (CO₂). Le gaz naturel est utilisé pour la production d'électricité, les applications industrielles, les besoins en énergie thermique des bâtiments et les transports. Bien que le gaz naturel ait été historiquement produit à partir de gisements conventionnels, aujourd'hui une partie importante de sa production est extraite par des procédés non conventionnels, notamment en Amérique du Nord. Face à la demande mondiale croissante de gaz naturel, le commerce international du gaz s'est multiplié, accompagné d'investissements substantiels dans les infrastructures et les technologies de transport. La demande mondiale de gaz naturel devrait augmenter, particulièrement porté par le secteur électrique, le gaz naturel peut remplacer le charbon et faciliter l'intégration des énergies renouvelables intermittentes.

Définition de gaz naturel

Le gaz naturel est une énergie primaire non renouvelable bien répartie dans le monde propre et de plus en plus utilisé. Il présente la matière première la plus recherchée tant pour des raisons d'environnement que d'efficacité, il est désormais considéré comme une énergie de premier choix pour les 21^{ème} siècle, en raison de sa disponibilité et de sa qualité d'énergie propre qui joue un rôle de plus en plus grand dans la génération électrique.

Le gaz naturel est une énergie fossile comme l'huile ou le charbon présent naturellement dans des roches poreuses sous forme gazeuse. C'est un mélange dont le constituant principal, de 70% à 95% est le méthane (CH₄). Il est donc composé majoritairement d'hydrogène et de carbone, d'où son nom d'hydrocarbure. Autres composés indésirables se trouvent dans le gaz naturel avant leur traitement tel que l'eau (H₂O), le soufre (H₂S), le dioxyde de carbone (CO₂), l'azote (N₂) et même des traces de mercure (Hg) et d'hélium (He) qui seront presque éliminés après le passage aux différents procédés de lavage spécifique à chaque composé.

Le gaz naturel est incolore, inodore, sans forme particulière et plus léger que l'air. Il se présente sous sa forme gazeuse au-delà de -161°C. Pour des raisons de sécurité, un parfum chimique, le mercaptan, qui lui donne une odeur d'œuf pourri, lui est souvent ajouté afin de permettre de détecter une fuite de gaz éventuelle. [1]

Sources de gaz naturel

On distingue généralement trois types de gaz naturel [2] (voir fig. I.1):

- Le gaz non associé qui n'est pas en contact avec l'huile;
- Le gaz associé "gas-cap gas" qui surmonte la phase huile dans le réservoir;

➤ Le gaz associé "dissous" dans l'huile dans les conditions de réservoir.

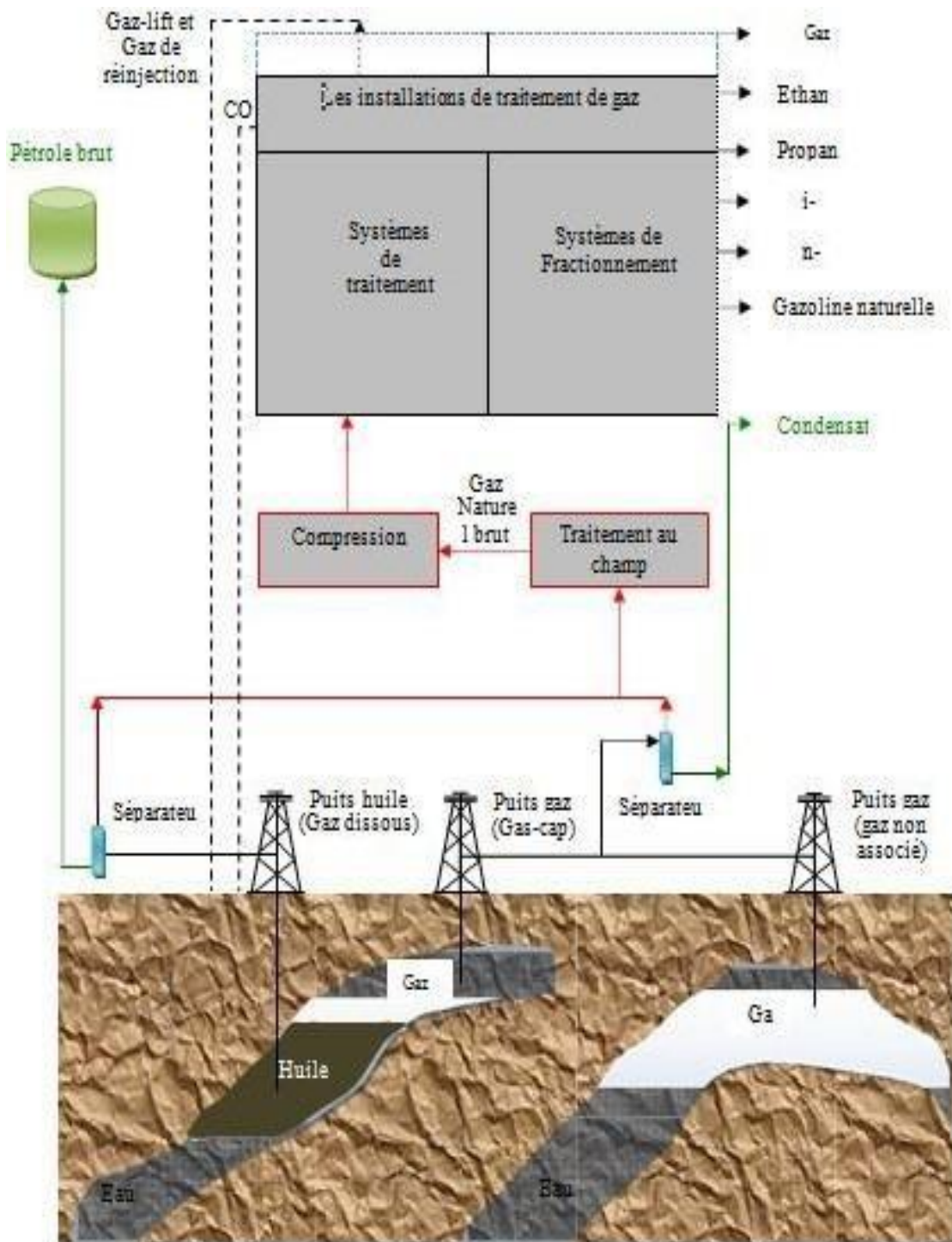


Fig. I.1 : Différentes sources de gaz naturel [2]

Nature des constituants présents dans le gaz naturel

En dehors du méthane, le gaz naturel peut contenir d'autres constituants: éthane, propane, butane, pentane à des concentrations faibles et des hydrocarbures plus lourds. Les hydrocarbures en C₃ et C₄ forment la fraction GPL (Gaz de Pétrole Liquéfié). La fraction la plus lourde correspondant aux hydrocarbures à cinq atomes de carbone ou plus (C₅+) est

appelée gazoline. Le gaz naturel peut contenir des constituants autres que des hydrocarbures, notamment de l'eau et des gaz acides : dioxyde de carbone (CO_2) et hydrogène sulfuré (H_2S), ainsi que l'azote (N_2), de l'hélium (He), de faibles quantités d'hydrogène (H_2) ou l'argon (A) et même parfois des impuretés métalliques (mercure et arsenic). [3]

Le tableau I.1 indique les compositions les plus courantes d'un gaz sec et d'un gaz humide ou à condensat.

Tab. I.1 : Composition types d'un gaz sec et d'un gaz humide ou à condensat [3]

	Constituant	Gaz sec (%)	Gaz humide ou gaz à condensat (%)
Hydrocarbures	C1	70 - 98	50 - 92
	C2	1 - 10	5 - 15
	C3	Traces - 5	2 - 14
	C4	Traces - 2	1 - 10
	C5	Traces - 1	Traces - 5
	C6	Traces - 0.5	Traces - 3
	C7 +	0 - Traces	Traces - 15
Non hydrocarbures	N_2	Traces - 15	Traces - 10
	CO_2	Traces - 1	Traces - 4
	H_2S	0 - Traces	0 - 6
	He	0 - 5	0

Différents types de gaz naturel [3]

Les types de gaz sont classés selon la nature des phases en présence dans les conditions du gisement et de surface, se qui conduit à distinguer les cas suivant:

- ❖ **Gaz sec** : ne formant pas de phase liquide dans les conditions de production;
- ❖ **Gaz humide** : formant une phase liquide en cours de production dans les conditions de surface;
- ❖ **Gaz à condensat**: formant une phase liquide dans le réservoir en cours de production;
- ❖ **Gaz associé** : coexistant dans le réservoir avec une phase "huile" (gisement de pétrole). Le gaz associé comprend le gaz de couverture (phase gazeuse présent dans le réservoir) et le gaz dissous.

Caractéristiques du gaz naturel [3]

Le gaz naturel autant qu'une source d'énergie est l'une des matières premières qui ont permis la diffusion du progrès économique et social. À son stade d'exploitation, il doit être caractérisé par les propriétés suivantes :

- ❖ **La masse volumique** : d'un gaz représente la masse d'une unité de volume du gaz et s'exprime en kg/m^3 . Elle est en fonction de la température et de la pression;
- ❖ **Le volume massique** : représente le volume occupé par une unité de masse du gaz. Il est donc égal à l'inverse de la masse volumique, et s'exprime en m^3/kg ;
- ❖ **La densité** : d'un gaz est définie comme le rapport de la masse volumique du gaz dans des conditions de référence sur la masse volumique de l'air dans les mêmes conditions, en se référant soit aux conditions normales, soit aux conditions standard.



***Chapitre II : Description des
réseaux de distribution de gaz***

Introduction

Un réseau de distribution est un ensemble d'installations et d'éléments permettant de transporter et de livrer du gaz naturel de son point d'arrivée (réseau de transport) à son point d'utilisation (client).

Sonelgaz approvisionne ses clients en gaz naturel via différents types de réseaux classés et désignés selon leur taille et leur éloignement de la source.

Définition des différents types de réseaux [5]

Réseau de transport

À la sortie de la production, le gaz naturel est préalablement traité et 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), à une vitesse qui peut atteindre 30 Km/h. L'assurance d'une pression stable et d'une vitesse suffisantes du gaz transporté sur des milliers de kilomètres est nécessaire. À 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.

Réseau de répartition

Il est constitué d'un ensemble de conduites réalisées 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.

Réseau de distribution

Le gaz naturel apporté par les gazoducs est livré soit à des grandes installations industrielles (industries pétrochimiques, station de liquéfaction, centrales électriques,...) 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. La 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.

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.

Tronçon

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

Nœud

Un nœud peut être :

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

Degré

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

Point d'injection ou nœud d'injection

Ce n'est qu'un autre poste de livraison de 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.

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 points à partir d'un point (source) sans que les points soient reliés entre 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).

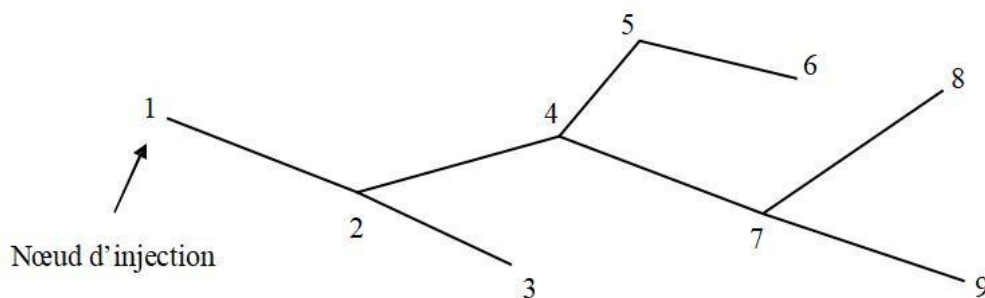


Fig. II.1: Schéma simplifié d'un réseau ramifié

- ❖ **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 conduites 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.

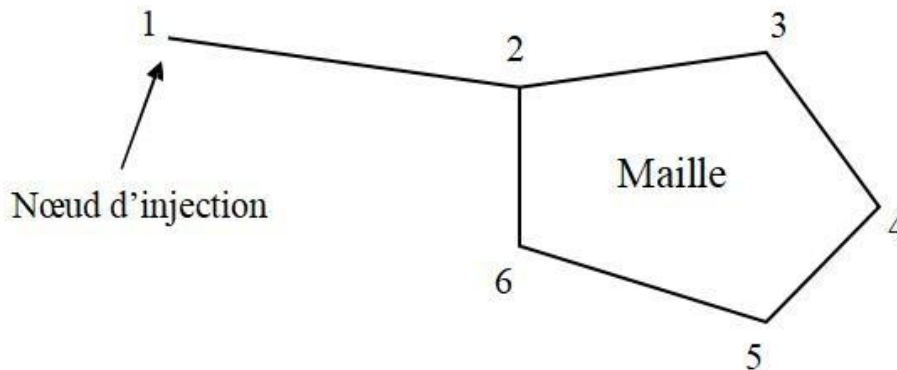


Fig. II.2: Schéma simplifié d'un réseau maillé

- ❖ **Mixte:** C'est la combinaison entre le réseau ramifié et maillé.

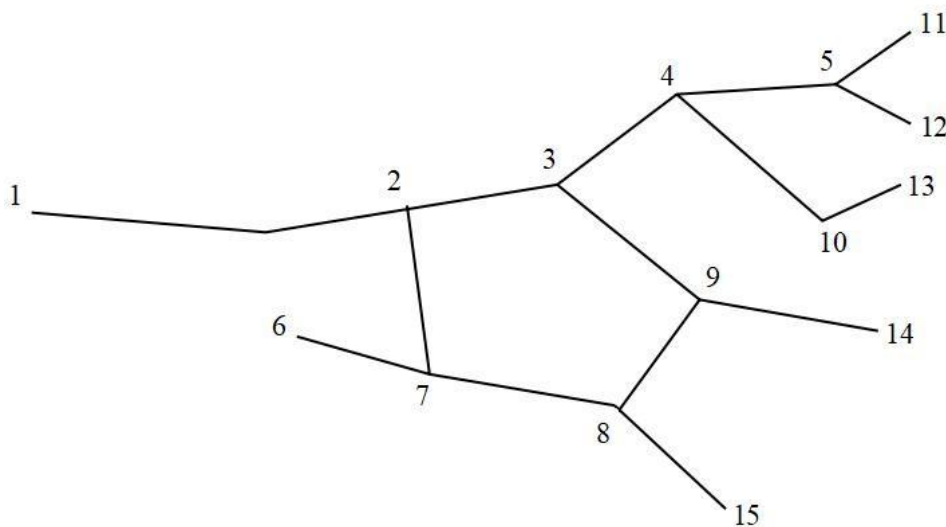


Fig. II.3: Schéma simplifié d'un réseau mixte

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 :

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 inclus 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.

Réseau secondaire

Il est issu d'un réseau primaire ou directement d'un poste de livraison qui transite le gaz en zone à alimenter. Il est construit en technique MPB, la pression maximale de fonctionnement est de 4 bars, 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 Nm³/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 où le réseau tertiaire est inexistant.

Les piquages de branchement destinés aux abonnés industriels (MP) dont le débit est supérieur ou égale à 100 Nm³/h sont autorisés et ils seront réalisés comme suit :

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

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

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 au minimum par robinet de ligne unique ; toutefois, il est souvent préférable, pour les nœuds importants, de mettre en place des sectionnements aux dérivations multiples.

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 domestiques sont autorisés quelque soit le débit demandé;
- Les abonnés tertiaires sont autorisés pour les débits inférieurs ou égaux à 65 Nm³/h;
- Les abonnés tertiaires et industriels sont autorisés pour les débits de 100 et 250 Nm³/h.

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 des certains critères.

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.

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 à l'horizon de 20 ans et au risque de 2% :
 - Pour la M.P.C (Moyenne Pression type C), réseaux primaires : 16 bars,
 - Pour la M.P.B (Moyenne Pression type B), réseaux secondaires et tertiaires : 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%.

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.

Adaptabilité dans le temps des ouvrages

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

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.

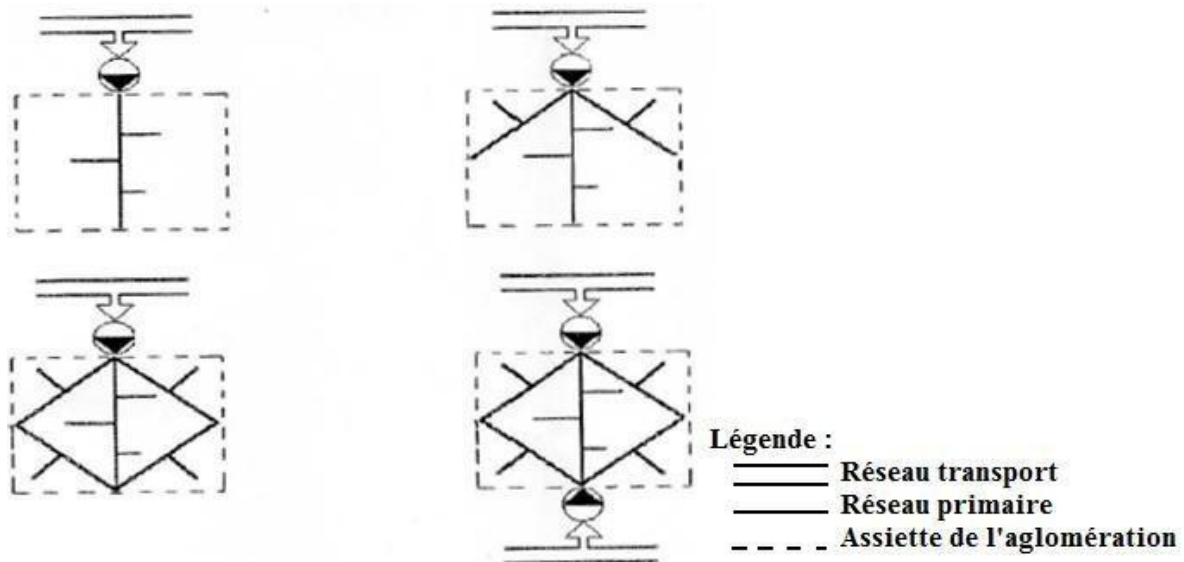


Fig. II.4: Optimum économique

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

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

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 de 2% et à l'horizon de l'étude 20 ans.

Les diamètres des canalisations sont normalisés aux valeurs suivantes :

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

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

(*) Calibre transitoire

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 au point de vue du bon fonctionnement, de la sécurité et de l'étanchéité.

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 et des normes;
- Spécifications concernant l'ouvrage lui-même où ceux des autres concessionnaires voisins.



***Chapitre III : Techniques et
matériaux utilisés***

Introduction

La recherche et la construction du réseau gazier visent à assurer un bon approvisionnement en gaz aux clients. Pour cela, SONALGAZ utilise différents types de matériaux et différentes techniques d'assemblage. La plupart des réseaux sont à base de « polyéthylène ».

Polyéthylène [5]

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. Ce matériau 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 lié à des atomes d'hydrogènes, sont liés à de longues chaînes de polyéthylène. On appelle cela « polyéthylène ramifié », ou PEBD (Polyéthylène à Basse Densité), ou LDPE (Low Density Polyethylene).

Quand il n'y a pas de ramification, on appelle cela du « polyéthylène linéaire », ou PEHD (Polyéthylène à Haute Densité), ou HDPE (High Density Polyethylene). Le polyéthylène linéaire est beaucoup plus résistant que le polyéthylène ramifié, mais ce dernier est moins cher et plus facile à fabriquer.

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 :

- Très bonnes propriétés mécaniques ;
- Bonne 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 conduites 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 font de lui 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 conduites en polyéthylène ont un poids spécifique bas ; elles 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 conduites 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 normale ne provoque pas de dégradation. En revanche, lors de la fabrication des conduites, 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.

Propriétés des tubes en PE

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

Dimensions et masses

Tab. III.1: Dimensions et masses (MRS 80 – SDR 11)

Calibre nominal (mm)	Poids (kg/m)	Diamètre extérieur (mm)		Épaisseur du 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

❖ 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, 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.

Techniques de réalisation [4]

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 des 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.

Limites d'utilisation [5]

Pression de service

La pression est limitée à la pression maximale de service (Pms) 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.

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 qui 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);
- ❖ Quelque 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 résumé dans le tableau suivant:

Tab. III.2: Espace maximal admissible en technique électrosoudage

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

- ❖ 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.

=

Eq. III.1.

Tab. III.3: Ovalisation en fonction du diamètre du tube

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

- ❖ Les courbes de cou dage sont à réaliser autant que possible par cintrage du tube en respectant un rayon minimal de courbure 30 fois son diamètre extérieur : $R \geq 30 D_{ext}$;
- ❖ Le polyéthylène est un très bon isolant (résistivité à 20°C $\equiv 106 \Omega m$), 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.

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:

Tab. III.4: Écart admissible en technique d'électrosoudage

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

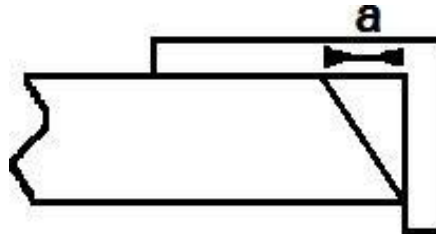


Fig. III.1: Écart (a) mesuré en technique d'électrosoudage

- 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;
- 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 pas 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.

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.

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 éventails placés à ses extrémités.

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 par ce fil traceur, est identifié sur toute sa longueur, même dans des zones encombrées des signaux parasites, par un détecteur portatif avec lequel on suit le tracé de la conduite à la surface de sol.

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 facilement mise à disposition des équipes de 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 nécessaire. Le système exigera évidemment toujours des vannes principales aux fins de tests et de purge, mais dans leur rôle étroit comme 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 des outils appropriés qui assurent une jonction extrêmement solide entre des éléments de tubes plastiques de faible diamètre ou entre le tube plastique et la tuyauterie en 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 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, quoique 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.

Avantages et inconvénients**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; il 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, délivré en 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 pinçage 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.

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 être posés au-dessus de sol, même avec une gaine protectrice, car la température d'utilisation ne doit pas excéder à 40 °C.

Le tableau III.5 qui suit résume les différents diamètres des tubes en polyéthylène normalisés

Tab. III.5: 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

Protection des ouvrages [9]

Protection passive

III.12.1.1. Revêtements

Le but du revêtement est d'isoler les canalisations du milieu environnant .

Caractéristiques du 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 ;
- Une étanchéité à l'eau ainsi qu'à la vapeur d'eau est indispensable 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 la perte d'adhérence et la modification chimique du produit par l'oxydation.

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).

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 : fibro-ciment, 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.

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

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 :

Tab. III.6: Valeurs normalisées du diamètre intérieur du fourreau

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



Chapitre IV : Postes de détente de gaz

Introduction

Le gaz naturel provient de sources éloignées. Par conséquent, il doit être transporté vers les centres de consommation par des canalisations qui doivent fonctionner sous haute pression. Pour la même raison, et précisément parce que le gaz est disponible en pression, sa distribution peut se faire par un réseau fonctionnant à quelques bars (réseau Moyenne Pression B, MPB, 4 bars) et fonctionnant éventuellement à plus haute pression mais en maintenant une pression plus basse pour assurer que par rapport au gaz utilisé pour le transport (MPC, 20 bars), le gaz passe en continu dans un réseau fonctionnant à des pressions de plus en plus basses avant d'être livré à l'utilisateur. La dépressurisation s'effectue au travers d'une station de détente.

Définition d'un poste de détente

Le poste de détente est un matériel ayant pour fonction d'abaisser la pression du gaz distribué par un réseau général à des niveaux de pression utilisables par les différents types de clientèles : domestique, tertiaire, industriel. On distingue des postes de détente réseaux et des postes de détente clients.[6] Il existe trois types de postes actifs :

- Poste de pré-détente (PPD) : 70/20 bars;
- Poste de détente (DP ou Client) : 70/4 bars;
- Poste de détente (DP ou Client) : 20/4 bars.

Les éléments à prendre en compte pour le choix d'un poste sont généralement :

- La nature du gaz distribué (gaz naturel – propane,...);
- Les plages de pressions en amont et en aval;
- La nature du réseau ou du client alimenté;
- Le débit à assurer (100 - 250 – 500 – 1000 – 1600 - 2500 Nm³/h);
- Le degré de sécurité à assurer;
- L'emplacement du poste;
- Les fonctions complémentaires.

Fonction d'un poste de détente

Un poste de détente a pour principale fonction de fournir un certain volume de gaz à une pression réduite constante à partir d'un gaz à une pression supérieure variable. On distingue deux grands types de postes de détente sur le réseau de transport : les postes de pré-détente et les postes de livraison.

Postes de pré-détente [6]

Les postes de pré-détente assurent la séparation entre deux canalisations de transport de pression maximale en service différente.

Pré-détente technique

Il sert à étager la détente entre 2 réseaux de transport qui peuvent parfaitement avoir la même pression maximale de service. La mise en place d'une telle pré-détente est un choix du transporteur, afin, par exemple, de limiter les phénomènes de froid au niveau des postes de livraison situés en aval ou de limiter la pression dans un réseau traversant une zone urbaine. Une pré-détente technique n'est pas forcément équipée de dispositifs de sécurité de la pression aval.

Pré-détente de sécurité

Il est placée entre le réseau principal et le réseau secondaire lorsque ce dernier a une pression maximale de service inférieure à celle du réseau principal. La pré-détente de sécurité est une "installation imposée par la réglementation". Donc, elle est obligatoirement équipée de dispositifs de sécurité de la pression aval.

Postes de livraison

Les postes de livraison assurent la connexion entre deux réseaux de pression maximale en service différente. Ils 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.

Poste de livraison à une distribution publique (DP)

Il alimente les réseaux de distribution publique (l'ensemble des consommateurs), et il fonctionne selon deux types de pression : moyenne pression B (MPB, pression 4 bars) ou moyenne pression C (MPC, entre 4 et 20 bars).

Poste de livraison à un client industriel

Il 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. Par contre, on peut rencontrer des variations brutales de débit pouvant aller du tout ou rien et souvent avec une capacité du réseau aval négligeable. Enfin, le choix de l'équipement du poste (une seule ligne de détente ou deux lignes) peut dépendre en partie de l'attitude du client, puisque c'est lui qui le paie.

Mode de raccordement du poste**Composants d'un poste de détente [6]**

Les postes de détente sont constituées principalement d'appareils : robinets, régulateurs de pression ou de débit, dispositif de sécurité pression (soupapes, vannes de sécurité), d'appareil de mesure et de tuyauteries composées de tubes et de pièces de forme chaudronnées.

La figure suivante (fig. IV.1) schématise les principaux composants d'un poste de détente et leur implantation.

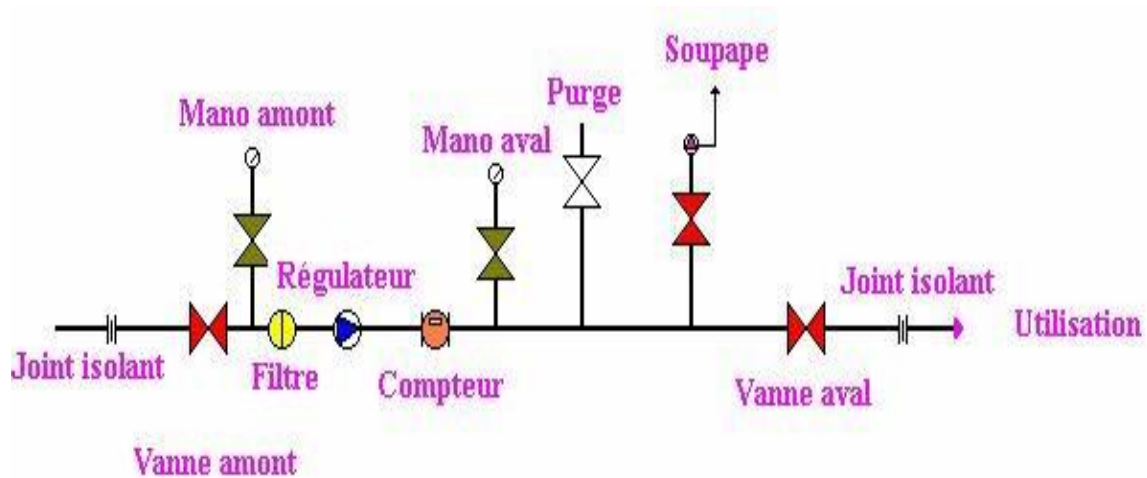


Fig. IV.1: Composants d'un poste de détente [9]

Conception d'un poste de détente [7]

Un poste de détente remplit de nombreuses fonctions :

Filtration du gaz

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

Détente

L'abaissement de la pression est réalisée au moyen d'appareils appelés REGULATEURS ou DETENDEURS. C'est à dire, maintenir constant la pression aval, mais qui peut aussi être la pression amont (déverseur) ou le débit (régulateur de débit). 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.

Sécurité contre les surpressions

Cette fonction est imposée, afin d'éviter les risques de détérioration du réseau aval (lequel est généralement conçu pour une certaine gamme de pression, inférieure à celle du réseau amont) lors d'incidents sur le bloc de détente, ou en cas de fausse manœuvre entraînant une élévation de pression. Pour assurer la sécurité contre les surpressions, on peut utiliser plusieurs techniques.

Ensemble de deux vannes de sécurité (V.S.)

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. La

GRTG à adopter ce type de sécurité en installant une soupape sur ses postes « types », placées à l'aval des lignes de régulations et à l'amont de la rampe de comptage du poste. Dans tous les cas, l'ensemble du dispositif de sécurité de la pression aval (VS + soupape) doit être tel qu'un premier dispositif fonctionne à la PMS du réseau aval et que l'ensemble du dispositif ne permette pas que la pression aval dépasse les 120% de la PMS aval.

Montage Monitor avec vanne de sécurité

Dans le cas où il n'est pas possible d'installer des soupapes, et pour un réseau non maillé, la solution est d'adopter un montage Monitor (l'association de deux détendeurs régulateurs montés en série) sur la ligne principale ou la ligne auxiliaire ou les deux.

Débits

Les tuyauteries d'entrée, y compris le robinet d'entrée poste ainsi que les tuyauteries de sortie, y compris le robinet de sortie poste, sont dimensionnés pour assurer le débit correspondant au risque de 2% appliqué aux consommations prévues à l'échéance de 15 ans (cas des postes de livraison aux distributions publiques).

Implantation des postes

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

Les postes de livraison sont quant à eux installés dans les lieux de livraison pour les DP à proximité du site urbain à alimenter pour les postes clients c'est à l'intérieur de l'unité industrielle ex : Centrale électrique, Cimenterie, Briqueterie... etc, et ces postes doivent être clôturé et installé à l'air libre. Ainsi, pour un poste destiné à renforcer l'alimentation d'un réseau de distribution, on cherchera un emplacement dans la zone où les pressions aux heures de pointe apparaissent les plus insuffisantes.

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 (incendie du poste).

By-pass

La conception des postes à SONELGAZ, GRTG, 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.

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).

Froid

La détente du gaz naturel entraîne un abaissement de la température du gaz selon la formule de GAY-LUSSAC suivante :

$$\frac{P1}{T1} = \frac{P2}{T2}$$

Eq. IV.1.

D'où:

P1 et T1: la pression et la température en aval;
P2 et T2: la pression et la température en amont.

Les problèmes qui peuvent se poser si la température diminue sont les suivants :

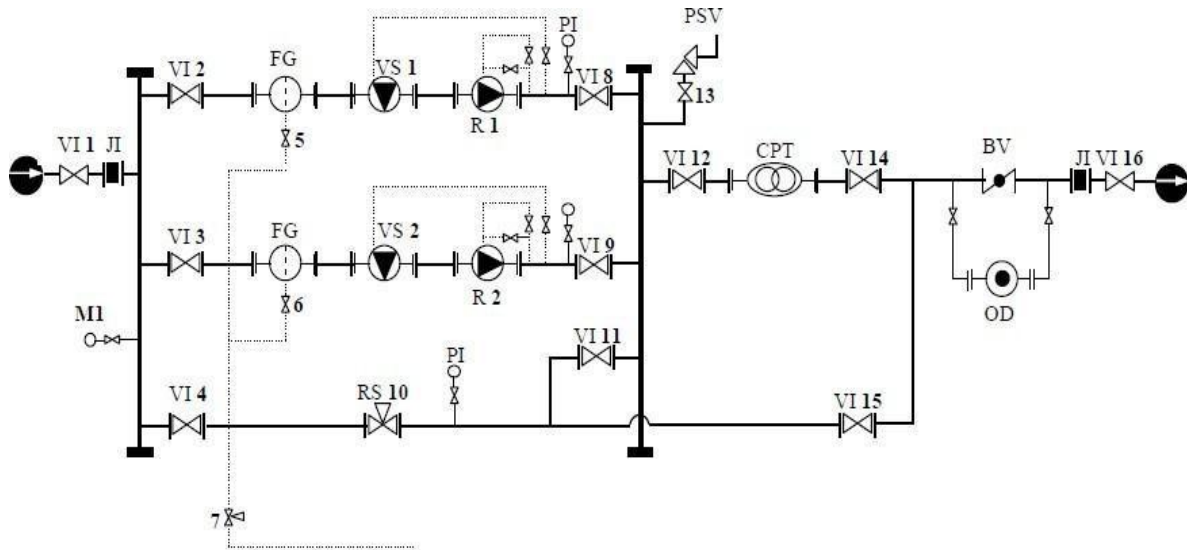
- Fragilisation du matériau de la canalisation aval;
- Gel des sols (soulèvement de route, etc);
- Gel des conduites avoisinantes, en particulier les canalisations d'eau;
- Formation de glace ou d'hydrates dans le gaz;
- Formation de glace à l'extérieur (autour des certains organes vannes de sécurité, compteur, robinet).

Les solutions adoptées pour ces problèmes :

- La mise en place en amont du poste de livraison (plusieurs kilomètres) d'un poste de pré-détente;
- L'installation d'un réchauffeur de gaz en amont de la détente;
- L'installation d'un réchauffeur de gaz pilote;
- La mise en place de bandes chauffante;
- L'installation d'un dispositif de déshydratation du gaz à l'amont du circuit (pots de méthanol ou isopropanol).

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 pas les niveaux autorisés. Il est donc recommandé de limiter les quantités de gaz mises à l'atmosphère.



LEGENDE

VI : Vanne d'isolement	PI : Manomètre Indicateur	OD : Odoriseur
JI : Joint Isolant	RS : Robinet à Soupape	
FG : Filtre à Gaz	PSV : Soupape de Sûreté	
VS : Vanne de Sécurité	CPT : Compteur	
R : Régulateur-Détendeur	BV : Vanne à papillon	

Fig. IV.2: Schéma d'un poste de détente à deux lignes [9]

Modes d'installation [6]

Les postes de détente sont montés sur châssis et placés :

- ❖ **En plein air** : Protégés par une toiture et entouré par un grillage ou à l'air libre;
- ❖ **En armoire** : Emplacement tel que l'ensemble des organes du poste soit installé dans une armoire métallique;
- ❖ **En local approprié** : Les orifices de ventilation permanente du local doivent avoir une surface libre totale égale ou supérieure à 5% de la surface couverte du local.

1. Canalisation PE
2. Manchon électrosoudable
3. PE-steel extrémités soudées
4. Point de soudure
5. Tuyau en acier
6. Bride de raccord en acier
7. Bride en acier M/R
8. Tuyau en acier M/R
9. Bride libre de raccord PE 9a. raccord
10. Gaine de protection en PVC
11. Courbe PE
12. Raccord isolant
13. Brides du raccord isolant
14. Parois de la cabine M/R

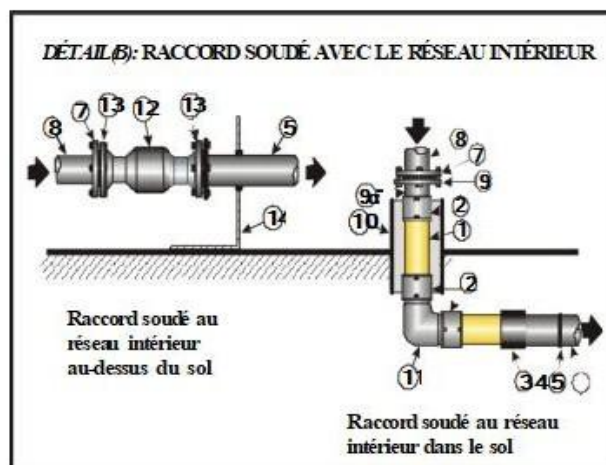
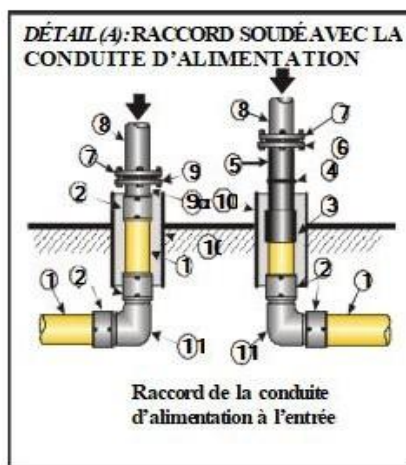
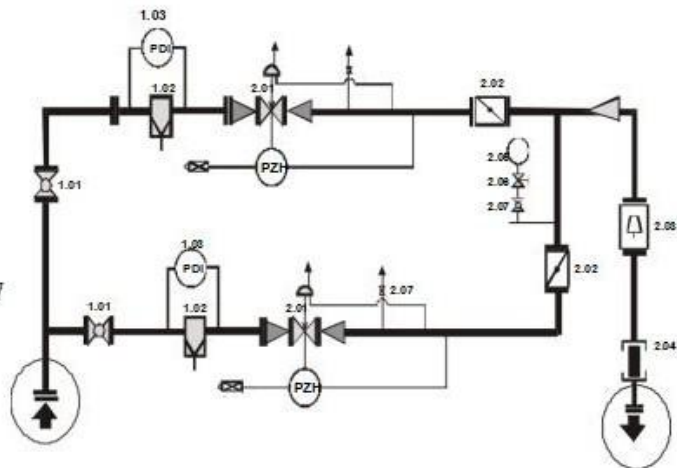


Fig. IV.3: Schéma descriptif du mode de raccordement d'un poste de détente en plein air [9]

Maintenance des postes de détente [6]

Inspections

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 ou du dispositif de comptage ... ;
- De l'état du génie civil, clôture, portail... .

Essais de fonctionnement

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

La fréquence de réalisation de ces opérations à SONEGAS, GRTG varie entre 3 fois et 4 fois par an.

Ces fréquences doivent être adaptées en fonction des conditions locales : postes nouvellement mis en service, réseau amont chargé de poussière ou transportant du gaz humide, poste sensible (client industriel non interruptible...).

Révision

La 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). Toute révision doit être suivie d'un essai de fonctionnement. Cas des filtres : 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.

Enregistrement des actes de maintenance

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

Intervention

L'intervention est un acte de maintenance répétitif qui se déroule selon les étapes suivantes :

- 1) L'alerte;
- 2) La reconnaissance;
- 3) La mise en sécurité;
- 4) La réparation en urgence.

Dispositifs de sécurité [7]

Vannes de sécurité

Les vannes de sécurité ou clapets de sécurité montés en amont du régulateur constituent le premier appareillage de sécurité pour le poste. Leur rôle est d'interrompre instantanément l'écoulement du gaz par un pilote qui commande la fermeture de la vanne aussitôt que la

pression détendue dans la ligne, en aval du régulateur, dépasse la valeur de consigne. La réouverture de cette vanne ne peut s'effectuer que manuellement, et pour cela, elle doit être munie d'un système d'équilibrage de pressions pour le réarmement.

Soupapes de sécurité

Les soupapes de sûreté installées à l'aval des lignes de régulation, constituent le deuxième appareil de sécurité pour le poste. Leur fonction est d'évacuer à l'atmosphère les surpressions en cas de défaillances des régulateurs. Elles doivent être de type pilote.

Vannes oléopneumatiques (line break)

Ces vannes sont munies d'un opérateur oléopneumatique avec fermeture par gradient de chute de pression (Line break) de 1 à 3 bars/min. Elles permettent d'isoler un ouvrage gaz ou un tronçon d'un autre, et sont généralement installées à l'amont des postes de prélèvement, des interconnexions d'ouvrages et au niveau des postes.

Torches et événements

La torche permet d'évacuer, dans les conditions de sécurité voulues, le gaz à l'atmosphère. Elle doit être placée en un endroit suffisamment éloigné des lignes et dépasser d'au moins un mètre le point le plus élevé du poste. Elle doit déboucher à une distance comprise entre 10 et 15 mètres de toute source d'allumage, de fils électriques nus ou d'ouverture dans les bâtiments voisins. L'événement doit être autant que possible protégé par un système adéquat. L'orifice d'évacuation doit être suffisamment dimensionné (1/3 du diamètre de la canalisation, en général) pour permettre la vidange rapide des tronçons en cas de nécessité. Les purges des filtres et des lignes de régulation doivent être reliées au collecteur de la torche.

Surveillance des postes de détente [7]

Les postes de détente sont contrôlés à travers la vérification de :

- L'état d'encrassement des filtres;
- Les réglages et le bon fonctionnement des vannes de sécurité;
- Le bon fonctionnement de la soupape de sécurité si elle existe;
- Le repérage, l'accessibilité et la manœuvrabilité de l'organe de coupure d'entrée, les installations électriques.

Il est également précisé que le gestionnaire du réseau doit planifier la visite des postes de détente de réseau selon leurs caractéristiques (emplacement sur le réseau et dans l'environnement et qualités reconnues du matériel en place).

Recommandations de sécurité [8]

Les dispositions de sécurité dans un poste gaz sont les suivantes :

- Port d'un masque respiratoire dans les lieux où existent des risques d'émanations nocives

- (chambre à vanne, lieux de manipulation du THT, ...);
- Connaître la signification précise des symboles de signalisation utilisés;
 - Veiller à la sécurité de l'individu et à celle de ses collègues;
 - Seuls les agents habilités peuvent intervenir dans un poste;
 - Prendre, en cas de situation dangereuse, les mesures urgentes;
 - Utiliser les équipements individuels et collectifs réglementaires de sécurité;
 - Porter les gants de travail (gants en plastique pour la manipulation du THT);
 - Se munir d'extincteurs, lors de toute intervention dans un poste gaz;
 - Avant toute intervention, contrôler l'atmosphère environnante à l'aide d'un appareil de détection approprié;
 - Utiliser de l'outillage anti-étincelant (au bronze - béryllium);
 - Travailler dans les limites de la zone de travail et en limiter l'accès;
 - Ne pas ouvrir un appareil sous pression si la décompression n'est pas totale;
 - Toujours vérifier la classe de pression des appareils, tubes et accessoires avant l'installation.

Protection contre incendie [7]

Les postes doivent être équipés d'extincteurs disposés sous abri dans un coin accessible. Les produits inflammables nécessaires à l'exploitation ou à la maintenance des postes (THT, méthanol) doivent être stockés sous abri spécialement réservé à cet usage en quantité limitée.

Odorisation [7]

L'accumulation de gaz dans les locaux fermés présente un danger d'explosion dans le cas où la limite inférieure d'explosivité (qui se situe aux environs de 5% de gaz dans l'air) est atteinte. Pour éviter ce danger potentiel, on donne au gaz une odeur caractéristique permettant à un individu de détecter l'intensité d'alerte, définie comme étant le 1/5 de la limite inférieure d'explosivité.

Cette intensité est obtenue avec un taux de 15 à 20 mg de THT (tétrahydrothiophène) de formule moléculaire C_4H_8S , par Nm^3/h qui correspond d'un degré olfactif de 2 (échelle de mesure : 1 à 5). En l'absence d'un système centralisé d'odorisation du gaz à partir des points de prélèvement ou des nœuds de desserte importants, les postes de distribution publique doivent être pourvus d'odoriseurs choisis en fonction du débit horaire.

Aménagement de l'emplacement

L'aménagement de l'emplacement doit permettre un accès facile aux montages, démontages, manœuvres et opérations d'entretien des différents éléments du poste. De même, il doit permettre au personnel de se dégager rapidement en cas de nécessité. À cet effet, les passages entre appareils voisins doivent avoir au moins 50 cm de largeur.

Zones de sécurité

Autour des installations des postes gaz, la Commission Electrotechnique Internationale (C.E.I) a définie des zones de danger selon la probabilité de formation d'un mélange explosif. On distingue deux (02) types de zone :

Première zone

Dans laquelle la formation d'atmosphère explosive peut survenir en fonctionnement normal de l'installation et elle est appelée « zone dangereuse ». Elle comprend :

- Les contours de certains appareils (ex.: proximité des garnitures d'étanchéité non étanches, des orifices de décharges, événements, etc...);
- Les emplacements ou les locaux à danger d'explosion;
- Les endroits proches des locaux au droit de leurs ouvertures et non ventiles efficacement.

Deuxième zone

Dans laquelle la formation d'atmosphère explosive est assez exceptionnelle et elle est appelée « zone non dangereuse ». Elle comprend les endroits adjacents à la zone 1, autour de mise à l'atmosphère de soupapes de sûreté (ex.: proximité des événements de soupapes de sûreté). En règle générale, la distance minimale à adopter entre toute tuyauterie et appareil, et la clôture, est de 5 mètres.

Distances de sécurité [7]

Le poste doit être suffisamment éloigné des autres constructions, voies publiques (autoroute, route nationale, route départementale) et voies ferrées. Dans tous les cas, il doit être placé de telle sorte que les émanations de gaz ne puissent en aucun cas atteindre les constructions voisines.

Distances entre les postes et les voies publiques et voies ferrées

La distance minimale exigée entre les postes et les bornes des voies publiques (autoroutes, route nationale, route départementale) et bornes d'emprises d'une voie ferrée est de 5 mètres.

Distances entre les postes et les diverses constructions voisines

Les distances minimales à respecter entre la clôture extérieure des postes et toute construction sont:

- 10 mètres lorsqu'il s'agit d'un établissement recevant du public (hôpital, école, etc...);
- 05 mètres lorsqu'il s'agit d'un immeuble habité ou non.

Distances entre les postes et les lignes électriques aériennes HT

La distance exigée entre les postes et la projection verticale d'une ligne électrique aérienne de transport d'énergie est d'au moins 30 m, et dans tous les cas supérieure à 1,5 fois la hauteur des pylônes.

Conclusion

Les postes de détente sont des dispositifs indispensables pour le transport et la distribution du gaz naturel, d'où la nécessité de l'entretenir et d'adopter la meilleure méthode de maintenance.

A decorative border resembling a scroll, with rounded corners and a vertical strip on the left side. The text is centered within this border.

***Chapitre V : Dimensionnement du
réseau de gaz de Hammam
Bouhrara***

Introduction

L'étude et le calcul d'un réseau de gaz consistent à déterminer les pressions et les débits existants sur ce réseau et à garantir la fourniture de gaz aux clients dans des bonnes conditions. Cette étude doit tenir compte de la capacité de la source d'énergie, de l'aménagement du réseau de distribution, des données topographiques et météorologiques ainsi que des types d'utilisateurs.

Présentation de la zone d'étude

Hammam Bouhrara (Fig. V.1) est une commune de la wilaya de Tlemcen en Algérie. Hammam Bouhrara a environ 11 400 habitants, elle est à 282m d'altitude et d'une superficie de 9774 m² bâtie et 53558 m² non bâtie, soit un total de 63 332 m². la zone dispose de:

- Un Hôtel de 30 chambres, soit 60 lits;
- Un ensemble de 14 bungalows, soit 65 lits;
- Un ensemble de 02 villas, soit 08 lits;
- Un restaurant de 200 couverts.

Elle dispose également de :

- École primaire;
- CEM;
- Lycée;
- Cafeteria de 72 places;
- Salon de détente;
- Boutiques : 05;
- Espaces verts;
- Parking;
- Buvettes en extérieure de 50 places;
- Buvette centrale de 50 places.



Fig. V.1: Topographie de la commune de Hammam Bouhrara

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 :

Tab. V.1: Caractéristiques du gaz de HASSI-R’MEL

Composant	M _i (g/mole)	Y _i (%)	Y _i *M _i	P _{ci} (kgf/mm ²)	T _{ci} (°C)	μ _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
iC ₄ H ₁₀	58	0,390	0,2262	37,7	406,7	0,715
iC 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

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.

Masse volumique

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

$$PV = ZRT \tag{Eq. V.1.}$$

Avec:

- 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:

$$\rho G = \frac{P}{ZrT} \tag{Eq. V.2.}$$

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

$$Z = \frac{1}{t/P^{1+j}}$$

q
.
V
.
3
.

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

On a ainsi pour $P = 1,013$ bar, $Z = 0,97$.

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

En utilisant les données du tableau IV.1 on aura : $M_G = 19,07$ 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.

Pouvoir calorifique

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

Densité

Densité réelle du gaz

$$\frac{S_g}{M_{\text{gaz}}} = \frac{S_g}{M_{\text{air}}} \quad \text{Eq. V.5.}$$

Avec :

M_{gaz} : Masse molaire moyenne de gaz donné par la relation :

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

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 :

$$M_{\text{air}} = 0,21 M_{O_2} + 0,79 M_{N_2} = 0,21 * 32 + 0,79 * 28 = 28,24 \text{ g/mole.}$$

D'où: $S_g = 0,66$.

Densité fictive de référence du gaz

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

$$S'_g = S_g \left[\frac{0,22}{v} \right]^{-1} \quad \text{Eq. V.6.}$$

D'où: $S'_g = 0,62$, dans les conditions standards.

Viscosité

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

D'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: $\mu \frac{4,396 \cdot 10^{-4}}{3,995} = 1,09 \cdot 10^{-4}$ Poises.
Donc: $\mu_m = 1,09 \cdot 10^{-4}$ Poises;
- M_i : Masse molaire d'un composant i.

Paramètres climatologiques

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

- ❖ **La température risque 50%**: c'est celle qui est connue en moyenne un hiver sur deux et se confond pratiquement avec celle du jour le plus froid de l'année moyenne;
- ❖ **La température risque 2%**: c'est celle qui est connue que deux hivers par siècle;
- ❖ **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 $T_s = 19$ °C;
- Température risque $T_{2\%} = -1,41$ °C;
- Température risque $T_{50\%} = 4,01$ °C;
- Nombre d'heures usage continu 10 h/j;
- Nombre de jours par an 250 j.

Données de consommation [4]

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

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

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

$$= \text{---} \quad \text{Eq. V.8.}$$

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

T_j : Température tri-horaire journalière.

D'où:

$$C_{ch} = G * \text{NDj} \quad \text{Eq. V.10.}$$

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

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

$$= \quad \text{Eq. V.13.}$$

$$= \quad \text{Eq. V.14.}$$

Ces formules sont obtenues en adoptant les hypothèses suivantes :

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

Consommation unitaire domestique

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.

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

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

$$C_{jCH} = G (T_s - T_{2\%}) = 8,6 (19 + 1,41) = 175,53 \text{ Th /jour.}$$

Avec :

- 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 °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 $8,78 / 9,7 = 0,91 \text{ m}^3/\text{h}$.

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 à 4500 Th/an et à une consommation horaire C_{hHCH} égale à 1,8 Th/h (sur la base de 2500 heures d'utilisation par an).

Consommation unitaire total

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

Ou bien: $C_{Tu} = 10,58 / P.C.S = 1,09$ m³/h.

N.B: Le pouvoir calorifique supérieur du gaz naturel (P.C.S) de Hassi R'mel étant pris égal à 9,7 Th/m³.

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 tertiaires sont basées sur les données du tableau suivant :

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

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

Avec :

- 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 :

Abonnés domestiques

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

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 an;
 - 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.

Règle (A) calcul des pertes de charge dans les canalisations du gaz (modèle 1984) [9]

Cette règle établie d'après les directives de la Direction des Études et Techniques Nouvelles du Gaz de France applique les formules de Renouard simplifiées, valables pour un rapport débit/diamètre inférieur à 150 (Q en m³/h - D en mm).

En moyenne et haute pression :

$$P_A^2 - P_B^2 = 48600 s L Q^{1.82} \cdot D^{-4.82} (P_A^2 - P_B^2) \text{ (en bar}^2\text{)} \quad \text{Eq. V.15.}$$

En basse pression :

$$\Delta P = P_A - P_B = 232.10^5 s L Q^{1.82} D^{-4.82} (P \text{ en mbar}) \quad \text{Eq. V.16.}$$

Avec :

- S: la densité fictive tenant compte de la viscosité;
- L: la longueur du tronçon AB en Km;
- Q: le débit en m³/h (15.0 C et 10.13 mbar);
- D: le diamètre intérieur du tronçon AB en mm;
- P_A - P_B: les pertes de charge linéaires en mmce;
- P_A² - P_B²: les pertes de charge quadratiques en bar².

Chapitre V Dimensionnement du réseau de gaz de Hammam Boughrara

Tronçon	Longueur (km)	Débit (m3)	Densité	Pression amont (bar)	Pression aval (bar)	Diamètre calculé (mm)	Diamètre normalisé (mm)	Pression aval calculée (bar)
1000-1	0,315	18000	0,66	4	2	163,5585811	200	3,383613399
1-2	0,02	15000	0,66	3,383613399	2	95,13533236	125	3,074225874
2-13	0,18	800	0,66	3,074225874	2	52,93930467	63	2,663537505
13-14	0,075	500	0,66	2,663537505	2	41,57528686	63	2,583996669
14-19	0,022	20	0,66	2,583996669	2	9,852165625	40	2,58392335
14-15	0,075	480	0,66	2,58392335	2	42,19892659	63	2,507271303
13-16	0,13	300	0,66	2,507271303	2	40,916101	63	2,449667758
16-17	0,023	20	0,66	2,449667758	2	10,56253885	40	2,449001296
16-18	0,07	280	0,66	2,449001296	2	36,05537938	63	2,421156671
11-2-3	0,293	11000	0,66	3,074225874	2	157,5771262	200	2,779094316
12-3-20	0,231	200	0,66	2,779094316	2	35,74898551	63	2,735103401
13-3-4	0,05	10000	0,66	2,779094316	2	113,9963615	125	2,309829495
14-4-21	0,23	500	0,66	2,309829495	2	62,44952941	63	2,013779112
15-21-22	0,035	100	0,66	2,013779112	2	44,55058716	63	2,011192901
16-22-23	0,057	55	0,66	2,011192901	2	41,07215556	63	2,009772656
17-21-24	0,071	40	0,66	2,013779112	2	36,50281482	40	2,004924438
18-24-25	0,084	20	0,66	2,004924438	2	36,03449914	40	2,001948668
19-24-26	0,118	20	0,66	2,004924438	2	38,6670875	40	2,000742931
20-4-5	0,035	7000	0,66	2,309829495	2	114,4617934	125	2,112320467
21-5-30	0,064	300	0,66	2,112320467	2	49,22123338	63	2,078779826
22-30-31	0,038	150	0,66	2,078779826	2	36,66169802	63	2,07308625
23-30-38	0,148	20	0,66	2,07308625	2	23,07736116	40	2,06801317
24-31-32	0,031	50	0,66	2,078779826	2	23,21186118	63	2,078151662

Nous avons supposé une pression amont (PA) de 4 bars au niveau de la poste de détente. Ensuite, pour chaque tronçon du réseau, nous avons supposé une pression aval de 2 bars, puis nous avons calculé le diamètre correspondant en utilisant l'équation V.16. Après cela, nous avons converti le diamètre calculé en diamètre normalisé.

Ensuite, nous avons utilisé cette nouvelle pression aval calculée comme pression amont pour le tronçon suivant, en supposant à nouveau une pression aval de 2 bars, et nous avons répété le processus pour chaque tronçon du réseau jusqu'à ce que tout le réseau soit dimensionné.

Cette approche itérative, où nous avons supposé une pression aval de 2 bars et recalculé la pression aval avec le diamètre normalisé à chaque étape, peut être une méthode pratique pour dimensionner le réseau de gaz en utilisant la Règle A.

Il est important de noter que la précision et la fiabilité de cette méthode dépendent de plusieurs facteurs, tels que la validité de l'équation utilisée, l'adéquation de la Règle A pour les conditions spécifiques du réseau de gaz, ainsi que le respect des normes et des réglementations en vigueur dans votre région ou pays.

Il est recommandé de consulter les directives et les normes actuelles spécifiques à votre région ou pays pour vous assurer que votre approche de dimensionnement est conforme. Il peut également être utile de faire vérifier vos calculs par un expert en la matière pour garantir la précision et la sécurité de votre conception de réseau de gaz.

NB: Les détails de dimensionnement du réseau de Hammam Boughrara de la figure V.2 (Diametres des conduites, pressions avals) sont rangés en annexe 1.

Détermination des diamètres avec APHYRE

Les calculs d'un réseau de gaz naturel consistent à déterminer la pression et le débit qui existeront sur ce réseau avec une structure fixe et des conditions d'approvisionnement et de consommation bien définies.

« APHYRE » est un programme d'analyse physique des réseaux de distribution de gaz qui peut gérer les réseaux des 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;
- La délimitation des zones d'influence des sources;
- La localisation des points neutres sur certaines mailles;
- Le lieu de passage des courbes isobares.

Les calculs du réseau ne sont effectués que pour un seul état de pression, basse pression ou moyenne pression de type B, mais pas les deux. Pour démontrer ce logiciel, nous avons choisi de faire un exemple d'application avec des images, afin qu'il soit facile à comprendre. Pour obtenir des résultats de simulation avec APHYRE, vous devez suivre les étapes suivantes :

Première étape

La première étape consiste à remplir un tableau sur un fichier Excel où les données suivantes sont mentionnés :

Chapitre V Dimensionnement du réseau de gaz de Hammam Boughrara

Pour chaque tançons on donne :

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

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	1000	1	315 PE200		1																						
2	1	2	20 PE125		1																						
3	2	13	180 PE63		1																						
4	13	14	75 PE63		1																						
5	14	19	22 PE40		1																						
6	14	15	75 PE63		1																						
7	13	16	130 PE63		1																						
8	16	17	23 PE40		1																						
9	16	18	70 PE63		1																						
10	2	3	283 PE200		1																						
11	3	20	231 PE63		1																						
12	3	4	50 PE125		1																						
13	4	21	230 PE63		1																						
14	21	22	35 PE63		1																						
15	22	23	57 PE63		1																						
16	21	24	71 PE40		1																						
17	24	25	84 PE40		1																						
18	24	26	118 PE40		1																						
19	4	5	35 PE125		1																						
20	5	30	64 PE63		1																						
21	30	31	38 PE63		1																						
22	30	38	148 PE40		1																						
23	31	32	31 PE63		1																						
24	30	33	53 PE63		1																						
25	32	40	149 PE40		1																						
26	32	41	104 PE40		1																						
27	33	34	45 PE63		1																						
28																											

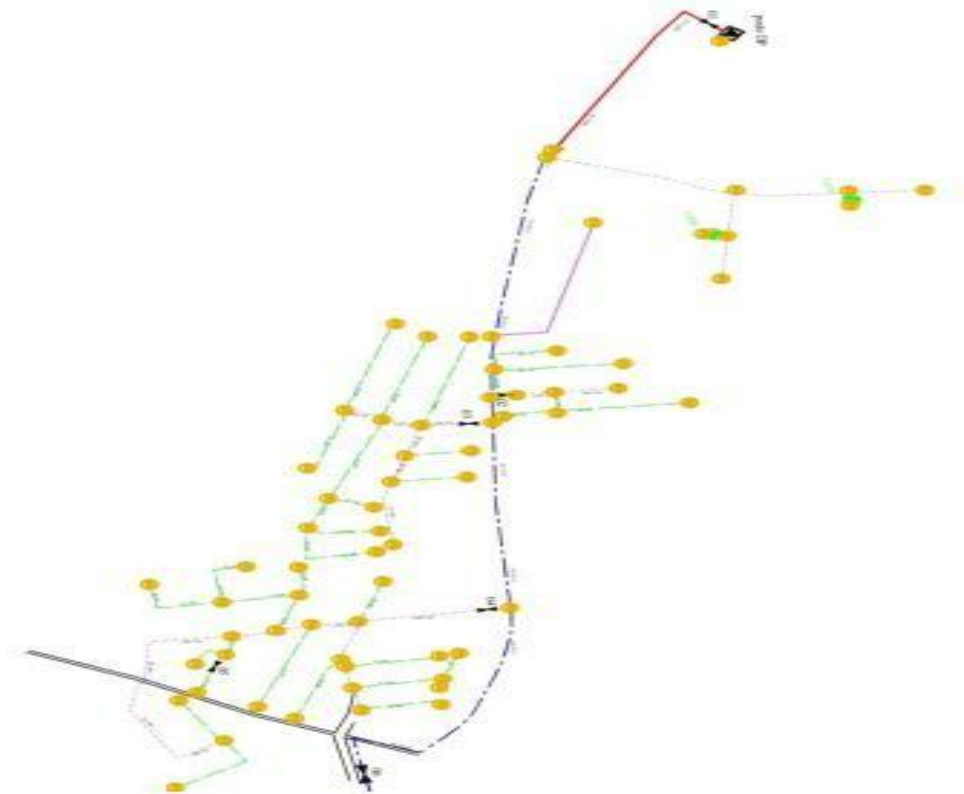
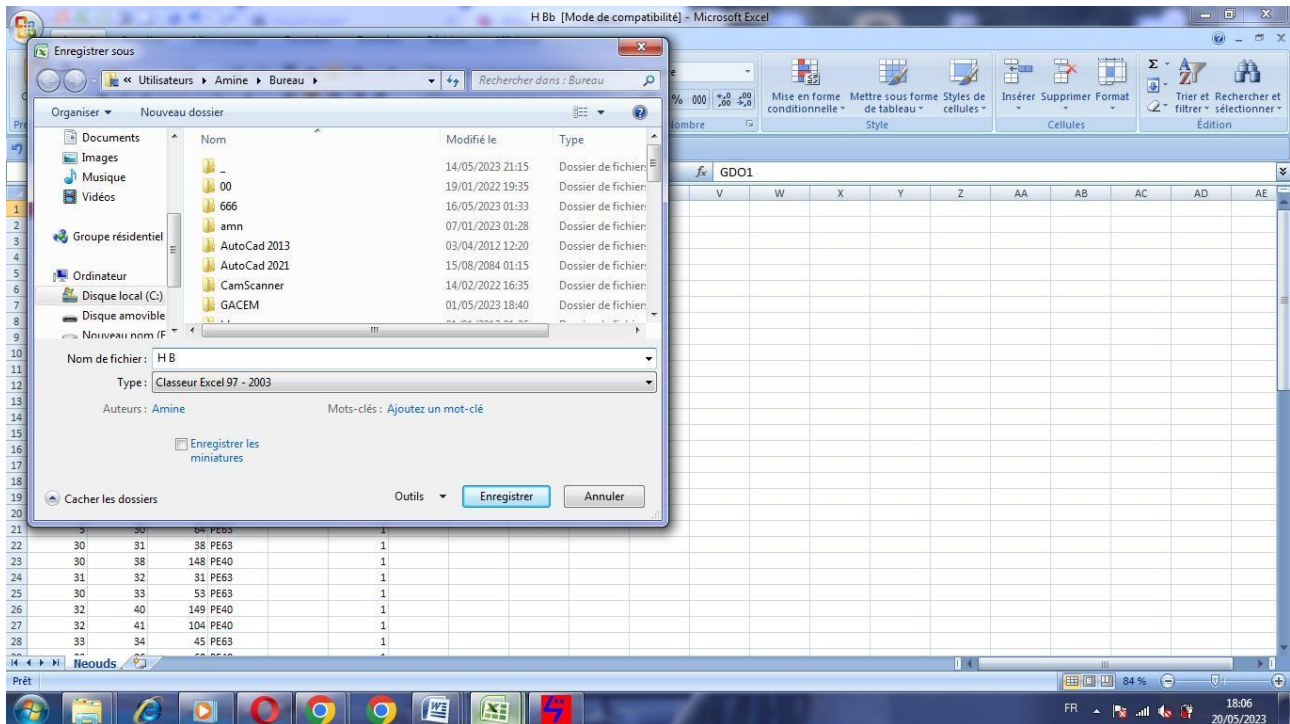


Fig. V.2: Schéma représentatif de l'ensemble des mailles et des nœuds

Deuxième étape

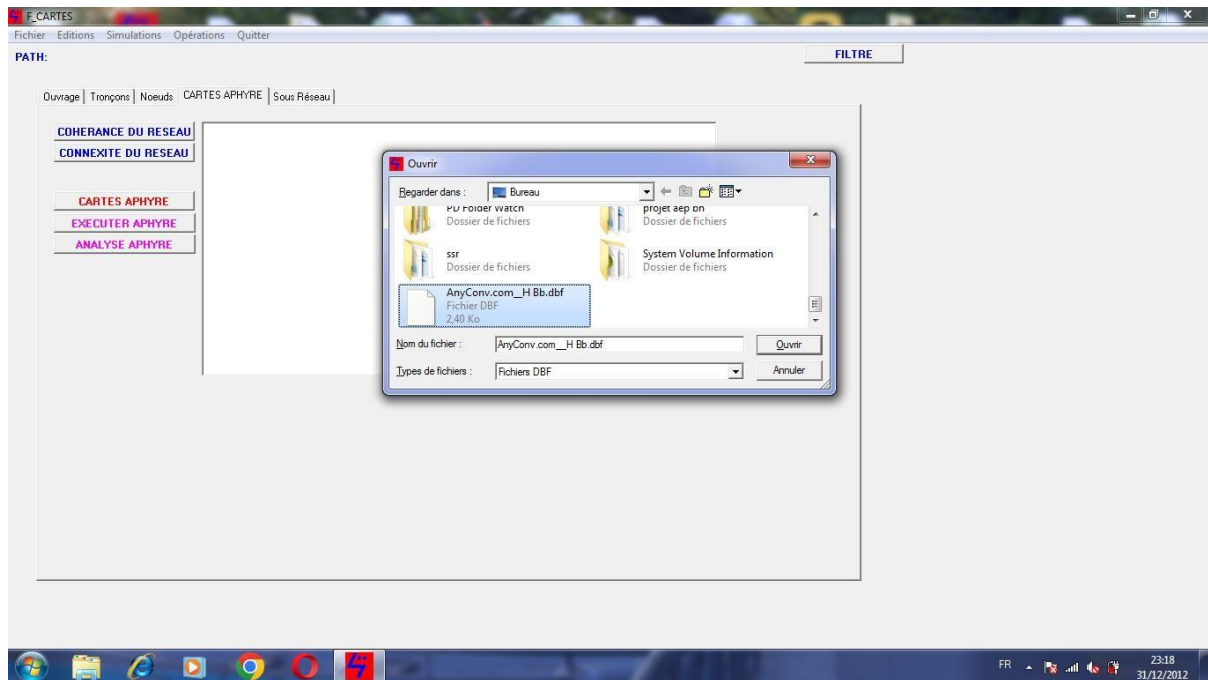
Nous avons enregistré le fichier Excel après avoir sélectionné dans le tableau des données dont on a besoin.

N.B: Le fichier doit être enregistré et se converti sous forme DBF (dBASE). Le logiciel ne traite que des fichiers de cette forme.



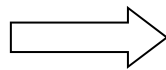
Troisième étape

Après avoir lancé le programme (APHYRE), nous avons importé le fichier qui est déjà enregistré sous forme DBF3 (dBASE III).



Quatrième étape

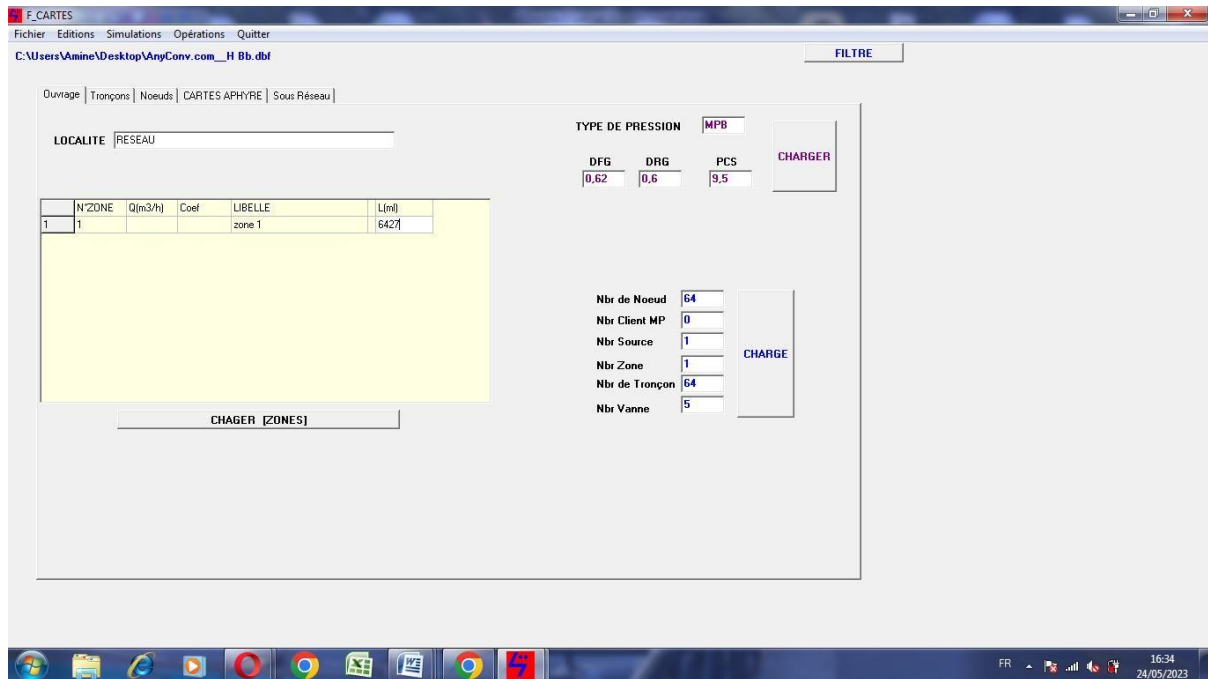
On clique sur



Ouvrage

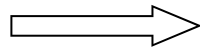
Cette étape sert à l'introduction des données calculées auparavant telles que :

- 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.



Cinquième étape

On clique sur

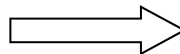


Tronçons

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

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

À la fin de l'opération de vérification, on clique sur

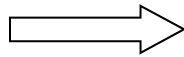


Charger

Ord	NDEUD1	NDEUD2	TUBE	L(m)	ZONE	Type	Q(m3/h)	DEBIT(m3/h)	DP(bar)	DP(bar)	Vitesse(m/s)	P1(bar)	P2(bar)
1000	1	PE200	315	1	R		18000				20	4	
1	2	PE125	20	1	R		15000				20		
2	13	PE63	180	1	R		800				20		
13	14	PE63	75	1	R		500				20		
14	19	PE40	22	1	R		20				20		
14	15	PE63	75	1	R		480				20		
13	16	PE63	130	1	R		300				20		
16	17	PE40	23	1	R		20				20		
16	18	PE63	70	1	R		280				20		
2	3	PE200	293	1	R		11000				20		
3	20	PE63	231	1	R		200				20		
3	4	PE125	50	1	R		11000				20		
4	21	PE63	230	1	R		200				20		
21	22	PE63	35	1	R		10000				20		
22	23	PE63	57	1	R		500				20		
21	24	PE40	71	1	R		100				20		
24	25	PE40	84	1	R		40				20		
24	26	PE40	118	1	R		20				20		
4	5	PE125	35	1	R		20				20		
5	30	PE63	64	1	R		7000				20		
30	31	PE40	38	1	R		300				20		
30	38	PE40	148	1	R		150				20		
31	32	PE63	31	1	R		20				20		

Sixième étape

On clique sur

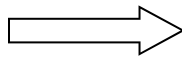


Noeuds

Dans cette étape, nous vérifions le degré de chaque nœud et nous introduisons :

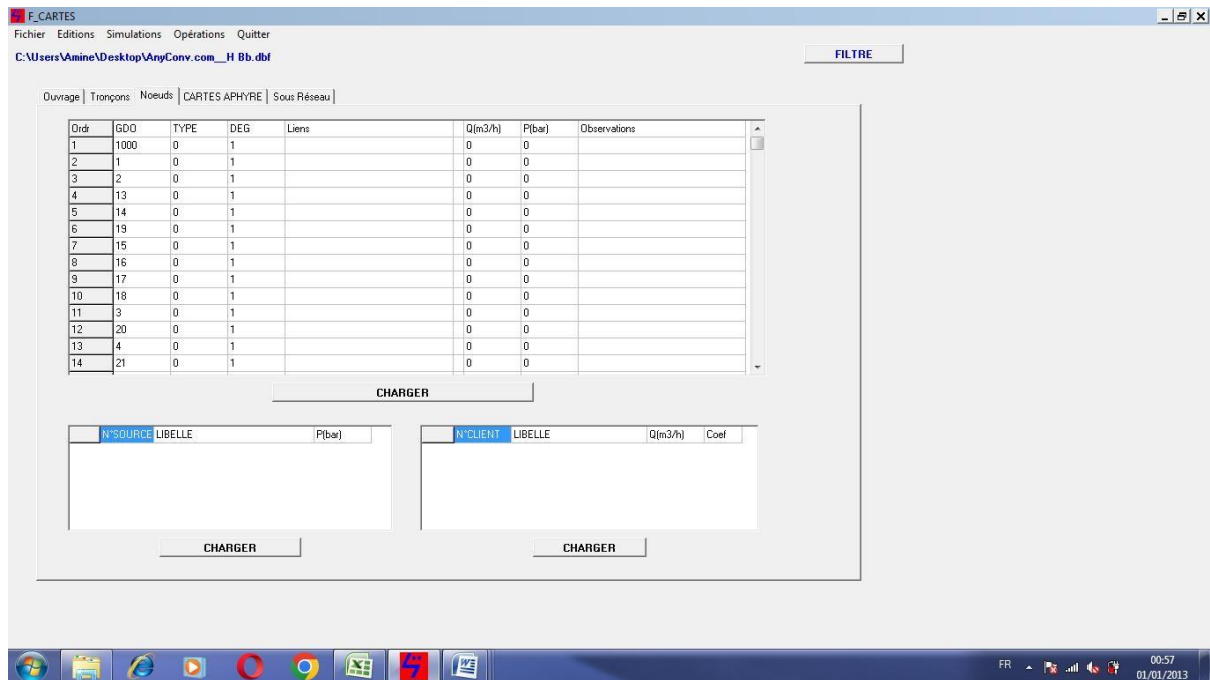
- Le numéro du nœud source;
- La pression au nœud source;
- Le numéro du nœud des clients importants et leur consommation.

À la fin de l'étape, on clique sur

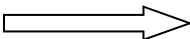


Charger

pour passer à l'étape finale.

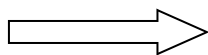


Septième étape

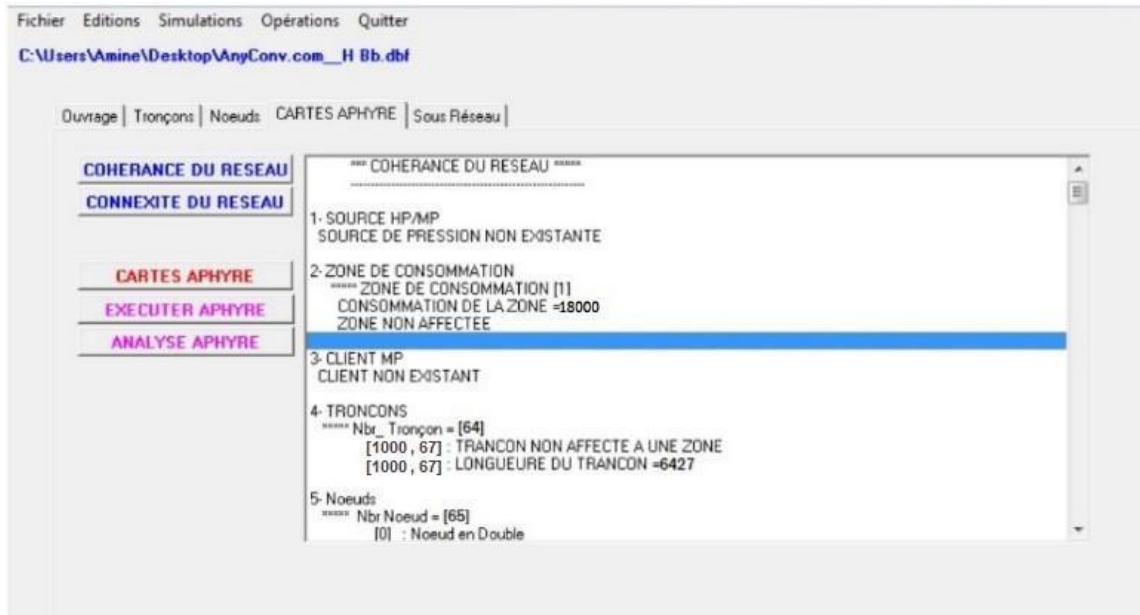
On clique d'abord sur 

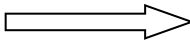


Nous vérifions toutes les informations qui concerne notre réseau par simple clique sur



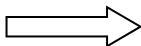




Une fois on termine on clique sur 



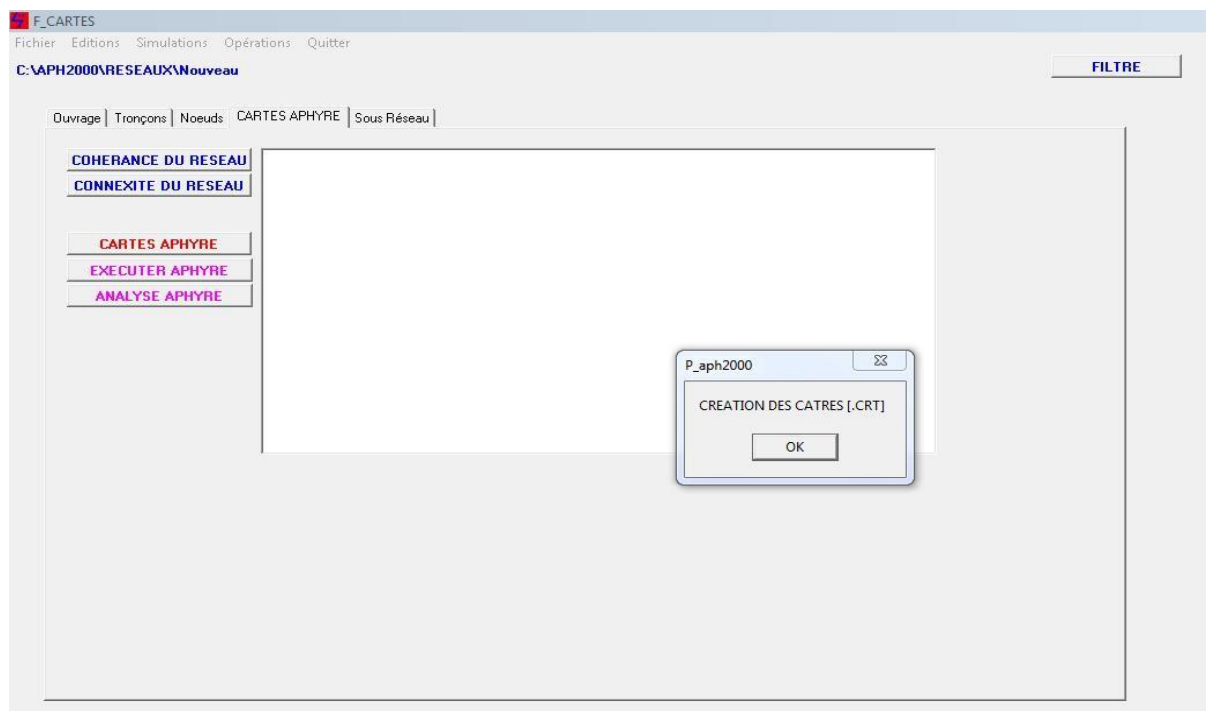
Un message signale la création des cartes APHYRE

Pour finir on clique sur 



pour pouvoir enregistrer les

résultats de simulation de logiciel APHYRE.



Procédure d'analyse

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

- ❖ **Première 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.
- ❖ **Deuxième étape:** Exécution du programme.
- ❖ **Troisième 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 petites pertes de charge doivent être diminués.
- ❖ **Quatrième étape:** Répéter la troisième étape jusqu'à obtention d'une solution qui répond aux exigences techniques et économiques (solution optimale).

NB: Les résultats de simulation du réseau de Hammam Boughrara sur APHYRE (Diamètres des conduites, pressions avales) sont rangés en annexe 2.

Comparison entre les résultats manuels et les résultats calculés par APHYRE

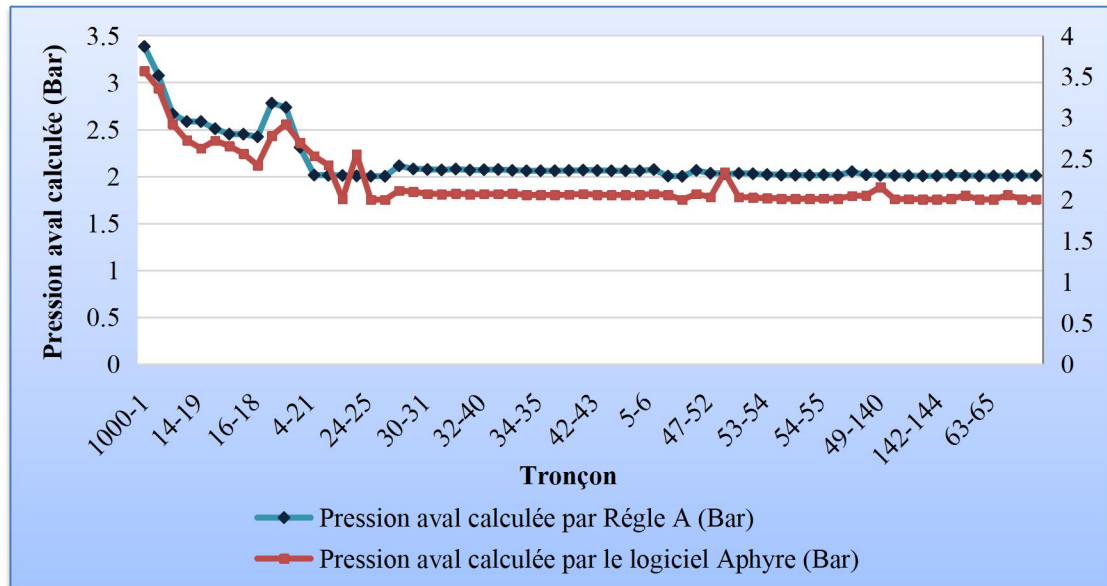


Fig. V.3: Calcul de la pression aval avec la méthode manuelle (Règle A calcul des pertes de charge dans les canalisations du gaz Modèle 1984) et par logiciel APHYRE

Il est encourageant d'entendre que les résultats obtenus par le graphe Fig. V.3 similaires entre la méthode manuelle utilisant la Règle A calcul des pertes de charge dans les canalisations du gaz Modèle 1984 et le logiciel Aphyre pour le calcul de la pression aval. Cela suggère que les deux approches sont cohérentes et donnent des résultats concordants dans la plage de pression spécifiée (entre 2 bars et 4 bars).

Lorsque les deux graphes présentent des résultats similaires et se superposent, cela indique une corrélation étroite entre les deux méthodes de calcul. Cela peut renforcer la confiance dans l'utilisation du logiciel Aphyre pour effectuer les calculs de pression aval, car il reproduit les résultats de la méthode manuelle.

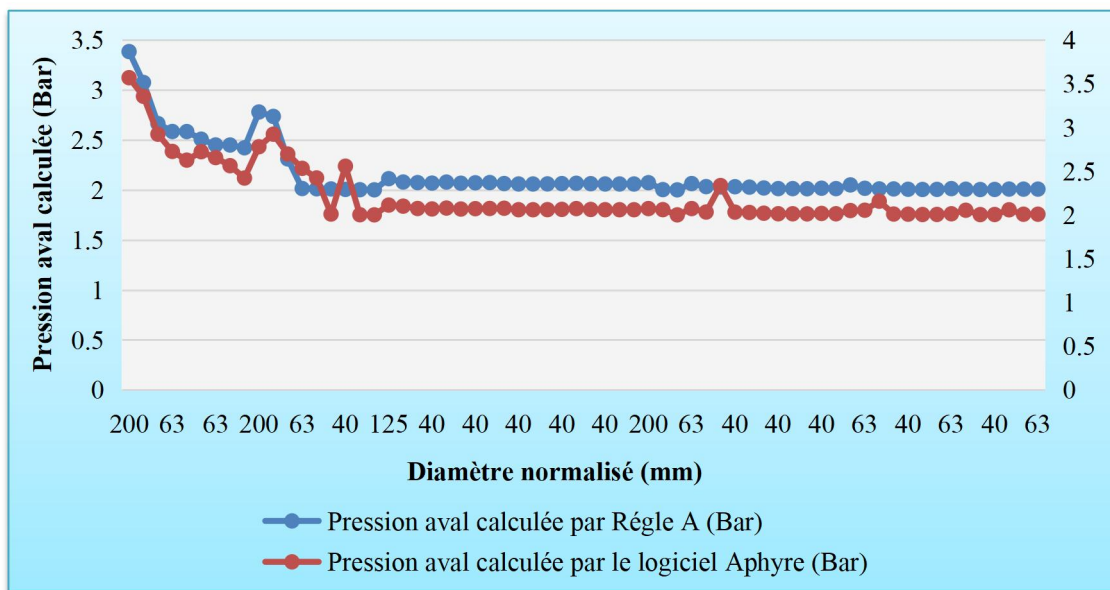


Fig. V.4: Pression aval calculée en fonction du diamètre normalisé (Règle A calcul des pertes de charge dans les canalisations du gaz Modèle 1984 et logiciel APHYRE)

La figure V.4 montre que les deux courbes de la pression aval calculée en fonction du diamètre normalisé sont similaires et que la pression dans les deux graphiques se situe entre 2 bars et 4 bars, cela suggère une concordance entre la méthode manuelle utilisant la Règle A et le logiciel Aphyre pour le calcul de la pression aval.

Le fait d'obtenir la même dimension du réseau de gaz, c'est-à-dire les mêmes diamètres normalisés, dans tous les tronçons de la zone étudiée renforce l'idée que les deux méthodes de calcul sont cohérentes et donnent des résultats concordants pour ces diamètres normalisés spécifiques.

Cela indique que le logiciel Aphyre est capable de reproduire avec précision les résultats obtenus par la méthode manuelle lorsque les mêmes paramètres de diamètre normalisé sont utilisés dans tous les tronçons du réseau de gaz étudié. Cette similitude entre les deux graphiques confirme la fiabilité du logiciel Aphyre dans le calcul de la pression aval en fonction du diamètre normalisé pour l'ensemble de la zone étudiée.

Conclusion

Les résultats relatifs aux pressions obtenues pour l'état actuel avec une faible pression de 2,00051813 bars (> 2 bars) 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 ($2 \text{ bars} < \text{pression effective} < 4 \text{ bars}$) est respectée.



Conclusion générale

CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce travail nous a permis de mener une étude sur le développement du réseau gazier de Hammam Boughrara. À partir des données disponibles, nous avons pu déterminer les pressions et les débits des différents tronçons de ce réseau pour un ouvrage fixe dans des conditions d'approvisionnement et de consommation bien définies.

Le calcul nous a mené à un débit nécessaire de 69839 m³/h pour satisfaire les besoins de consommation de la zone d'étude, ce qui nous impose un diamètre commercial de la conduite principale de 200 mm. Nous avons donc opté pour la réalisation d'un réseau par une combinaison de conduites en polyéthylène de diamètres de 200 mm, 125mm, 63 mm, 40 mm. L'extension du poste de détente va remplir deux principales fonctions ; palier à la chute de pression et satisfaire la demande en débit. Nous avons pu dimensionner le réseau manuellement sur Excel avec la règle de calcul des pertes de charge dans les canalisations du gaz Modèle 1984 et avec un outil informatique (le logiciel APHYRE) pour la réalisation des différentes simulations.

Ce dernier permet de donner facilement les informations nécessaires d'une manière relativement complète et en un temps considérablement faible.

À l'issue de ce travail, nous estimons que la solution proposée assurera le bon fonctionnement du réseau. Cependant, une étude approfondie des postes de distribution est nécessaire pour considérer leur rentabilité et l'impact de celle-ci sur l'environnement et la sécurité.

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

Références Bibliographiques

- [1] BOUHASSA Aissa. (2014). Simulation des nouvelles unités de régénération du DEG. Mémoire de fin de formation : Sonatrach Hassi R'mel.
- [2] Cannon R. E., 1993, Gas Processing Industry, Origins and Evolution, Gas Processors Association, Tulsa . Fundamentals of Natural Gas Processing p.8.
- [3] Rojey A., 1994, Le Gas Naturel, Production, Traitement et Transport, Editions Technip, Paris, France . p.70-80.
- [4] Guide technique de distribution du gaz GTDG2001
- [5] Polyéthylène haute densité (RAYNALD DOSSOGNE) DOC. A 3 315
- [6] Conception des poste de détente, Melle Aubert, 1998
- [7] SONELGAZ, 1995, Conception des postes gaz, conférence sur les équipements de transport du gaz, octobre 1995
- [8] Directives et recommandations pour la maintenance des postes, Epic SONELGAZ
- [9] Règle a calcul - des pertes de charge [photocalcul.com](https://www.photocalcul.com) <https://www.photocalcul.com> › Notices-regles Modèle 1984 (Modèle de burrau référence 90 84 45)

Annexes

Annexe 1: Calcul de la pression aval avec la méthode manuelle (Règle A calcul des pertes de charge dans les canalisations du gaz Modèle 1984)

Tronçon	Longueur (km)	Débit (m ³)	Densité	Pression amount (bar)	Pression aval (bar)	Diamètre calculé (mm)	Diamètre normalisé (mm)	Pression aval calculée (bar)	Vitesse (m/s)
1000-1	0,315	18000	0,66	4	2	163,5585811	200	3,383613399	15,65576515
1-2	0,02	15000	0,66	3,383613399	2	95,13533236	125	3,074225874	12,54515
2-13	0,18	800	0,66	3,074225874	2	52,93930467	63	2,663537505	19,9595987
13-14	0,075	500	0,66	2,663537505	2	41,57528686	63	2,583996669	17,25838758
14-19	0,022	20	0,66	2,583996669	2	9,852165625	40	2,583392335	1,712864105
14-15	0,075	480	0,66	2,583392335	2	42,19892659	63	2,507271303	17,0750534
13-16	0,13	300	0,66	2,507271303	2	40,916101	63	2,449667758	10,92285659
16-17	0,023	20	0,66	2,449667758	2	10,56253885	40	2,449001296	1,806858987
16-18	0,07	280	0,66	2,449001296	2	36,05537938	63	2,421156671	10,31471663
2-3	0,293	11000	0,66	3,074225874	2	157,5771262	200	2,779094316	15,5456696
3-20	0,231	200	0,66	2,779094316	2	35,74898551	63	2,735103401	6,52196418
3-4	0,05	10000	0,66	2,779094316	2	113,9963615	125	2,309829495	19,8488952
4-21	0,23	500	0,66	2,309829495	2	62,44952941	63	2,013779112	18,69595629
21-22	0,035	100	0,66	2,013779112	2	44,55058716	63	2,011192901	4,434742783
22-23	0,057	55	0,66	2,011192901	2	41,07215556	63	2,009772656	2,440832175
21-24	0,071	40	0,66	2,013779112	2	36,50281482	40	2,004924438	4,414131443
24-25	0,084	20	0,66	2,004924438	2	36,03449914	40	2,001948668	2,210346385
24-26	0,118	20	0,66	2,004924438	2	38,6670875	40	2,000742931	2,211678438
4-5	0,035	7000	0,66	2,309829495	2	114,4617934	125	2,112320467	75,07951681
5-30	0,064	300	0,66	2,112320467	2	49,22123338	63	2,078779826	12,87167082
30-31	0,038	150	0,66	2,078779826	2	36,66169802	63	2,07308625	6,453510947
30-38	0,148	20	0,66	2,07308625	2	23,07736116	40	2,06801317	2,139734923
31-32	0,031	50	0,66	2,078779826	2	23,21186118	63	2,078151662	2,145926924
30-33	0,053	130	0,66	2,07308625	2	37,81017171	63	2,066948523	5,609651153
32-40	0,149	25	0,66	2,078779826	2	24,74573839	40	2,071130036	2,670643515
32-41	0,104	25	0,66	2,078779826	2	22,96696159	40	2,07344335	2,667663913
33-34	0,045	100	0,66	2,066948523	2	33,71943579	63	2,06370847	4,321891069
33-36	0,06	30	0,66	2,06370847	2	22,95657747	40	2,059387915	3,223045037
34-35	0,105	75	0,66	2,06370847	2	36,44093218	63	2,059221496	3,248481243
34-37	0,071	25	0,66	2,06370847	2	22,19096947	40	2,060040143	2,685020493
31-39	0,139	30	0,66	2,07308625	2	26,54753183	40	2,063108663	3,217232384
31-42	0,138	80	0,66	2,07308625	2	38,38986214	63	2,066480734	3,452874467
42-43	0,041	37	0,66	2,066480734	2	22,75572076	40	2,062162018	3,969741432
42-44	0,053	42	0,66	2,066480734	2	25,17719331	40	2,059444841	4,512138327
44-45	0,07	5	0,66	2,059444841	2	12,22665456	40	2,059251326	0,537209803
44-46	0,09	5	0,66	2,059444841	2	12,88106356	40	2,059196033	0,537224228
5-6	0,302	3000	0,66	2,112320467	2	162,0108048	200	2,072333013	12,81164747
6-47	0,146	280	0,66	2,072333013	2	62,47131842	63	2,002929145	12,46851145
47-60	0,068	20	0,66	2,002929145	2	38,41777045	40	2,000518127	2,211926971
47-48	0,048	170	0,66	2,072333013	2	41,07921389	63	2,063265699	7,348791507
47-52	0,057	90	0,66	2,063265699	2	34,44145681	40	2,032752667	9,795830219
52-53	0,012	70	0,66	2,032752667	2	26,03007637	40	2,028652189	7,634379162
52-61	0,102	10	0,66	2,032752667	2	19,46245118	40	2,031743775	1,088966053
53-59	0,086	10	0,66	2,028652189	2	19,31821645	40	2,027799868	1,091084004
53-54	0,036	60	0,66	2,028652189	2	31,71961326	40	2,019329305	6,573964915

Tronçon	Longueur (km)	Débit (m3)	Densité	Pression amount (bar)	Pression aval (bar)	Diamètre calculé (mm)	Diamètre normalisé (mm)	Pression aval calculée (bar)	Vitesse (m/s)
54-56	0,086	30	0,66	2,019329305	2	31,75401576	40	2,012997106	3,297322177
56-57	0,012	10,00	0,66	2,012997106	2	15,13883715	40	2,012877275	1,099172825
56-58	0,04	20,00	0,66	2,012997106	2	25,24878664	40	2,011586309	2,199756471
54-55	0,034	30,00	0,66	2,019329305	2	26,19296392	40	2,016828254	3,291058616
55-139	0,075	25,00	0,66	2,016828254	2	29,65582108	40	2,012862814	2,747951804
48-62	0,39	20,00	0,66	2,063265699	2	29,08765339	40	2,049806354	2,158740503
48-49	0,35	140,0 0	0,66	2,063265699	2	59,3009665	63	2,016192103	6,19324541
49-140	0,063	35,00	0,66	2,016192103	2	32,73886846	40	2,010041801	3,852531821
140-141	0,034	10,00	0,66	2,010041801	2	19,82624081	40	2,00970176	1,10090962
140-142	0,071	25,00	0,66	2,010041801	2	32,64706641	40	2,006275351	2,756974509
142-143	0,092	15,00	0,66	2,006275351	2	31,32320901	40	2,004346435	1,655776637
142-144	0,099	10,00	0,66	2,006275351	2	27,2886905	40	2,005283211	1,103335423
49-50	0,041	105,0 0	0,66	2,016192103	2	45,34368119	63	2,012884589	4,652566478
50-63	0,031	50,00	0,66	2,012884589	2	33,90935374	40	2,00708342	5,511729054
63-64	0,047	30,00	0,66	2,00708342	2	34,52109129	40	2,003604129	3,312780157
63-65	0,07	20,00	0,66	2,00708342	2	32,17257189	40	2,004606589	2,207415671
50-51	0,324	40,00	0,66	2,012884589	2	50,71959256	63	2,008362989	1,776396648
51-66	0,081	30,00	0,66	2,008362989	2	37,33673799	63	2,00769248	1,332742433
51-67	0,117	20,00	0,66	2,008362989	2	34,57629355	63	2,007899972	0,88840314

Annexe 2: Calcul de la pression aval par logiciel APHYRE

GDO1	GDO2	LT	TUBE	DINT	Z	Q	DP2	DP
1000	1	315	PE200	163,3	1	18000	4	3,56835229
1	2	20	PE125	102,2	1	15000	3,56835229	3,3555525
2	13	180	PE63	51,4	1	800	3,3555525	2,922552
13	14	75	PE63	51,4	1	500	2,922552	2,7256665
14	19	22	PE40	32,6	1	20	2,7256665	2,625852
14	15	75	PE63	51,4	1	480	2,625852	2,72232
13	16	130	PE63	51,4	1	300	2,72232	2,655224
16	17	23	PE40	32,6	1	20	2,655224	2,5626266
16	18	70	PE63	51,4	1	280	2,655224	2,421156671
2	3	293	PE200	163,6	1	11000	3,3555525	2,779094316
3	20	231	PE63	51,4	1	200	2,8885422	2,922554
3	4	50	PE125	102,2	1	10000	2,8885422	2,695555
4	21	230	PE63	51,4	1	500	2,695555	2,5322252
21	22	35	PE63	51,4	1	100	2,5322252	2,42255
22	23	57	PE63	51,4	1	55	2,42255	2,009772656
21	24	71	PE40	32,6	1	40	2,5322252	2,5566621
24	25	84	PE40	32,6	1	20	2,5566621	2,001948668
24	26	118	PE40	32,6	1	20	2,5566621	2,000742931
4	5	35	PE125	102,2	1	7000	2,695555	2,112320467
5	30	64	PE63	51,4	1	300	2,112320467	2,1000366
30	31	38	PE63	51,4	1	150	2,1000366	2,07308625
30	38	148	PE40	32,6	1	20	2,1000366	2,06801317
31	32	31	PE63	51,4	1	50	2,078779826	2,078151662
30	33	53	PE63	51,4	1	130	2,07308625	2,066948523
32	40	149	PE40	32,6	1	25	2,078779826	2,071130036
32	41	104	PE40	32,6	1	25	2,078779826	2,07344335
33	34	45	PE63	51,4	1	100	2,066948523	2,076265
33	36	60	PE40	32,6	1	30	2,06370847	2,059387915
34	35	105	PE63	51,4	1	75	2,076265	2,059221496
34	37	71	PE40	32,6	1	25	2,076265	2,060040143
31	39	139	PE40	32,6	1	30	2,08256225	2,063108663
31	42	138	PE63	51,4	1	80	2,08256225	2,0722552
42	43	41	PE40	32,6	1	37	2,0722552	2,062162018
42	44	53	PE40	32,6	1	42	2,066480734	2,059444841
44	45	70	PE40	32,6	1	5	2,059444841	2,059251326
44	46	90	PE40	32,6	1	5	2,059444841	2,059196033
5	6	302	PE200	163,6	1	3000	2,112320467	2,072333013

GDO1	GDO2	LT	TUBE	DINT	Z	Q	DP2	DP
6	47	146	PE63	51,4	1	280	2,072333013	2,0600525
47	60	68	PE40	32,6	1	20	2,0600525	2,000518127
47	48	48	PE63	51,4	1	170	2,0600525	2,07223655
47	52	57	PE40	32,6	1	90	2,0600525	2,032752667
52	53	12	PE40	32,6	1	70	2,032752667	2,335525
52	61	102	PE40	32,6	1	10	2,032752667	2,031743775
53	59	86	PE40	32,6	1	10	2,335525	2,027799868
53	54	36	PE40	32,6	1	60	2,335525	2,019329305
54	56	86	PE40	32,6	1	30	2,019329305	2,012997106
56	57	12	PE40	32,6	1	10,00	2,0582524	2,012877275
56	58	40	PE40	32,6	1	20,00	2,0582524	2,011586309
54	55	34	PE40	32,6	1	30,00	2,019329305	2,016828254
55	139	75	PE40	32,6	1	25,00	2,016828254	2,012862814
48	62	390	PE40	32,6	1	20,00	2,07223655	2,049806354
48	49	350	PE63	51,4	1	140,00	2,07223655	2,0535257
49	140	63	PE40	32,6	1	35,00	2,0535257	2,15665
140	141	34	PE40	32,6	1	10,00	2,15665	2,00970176
140	142	71	PE40	32,6	1	25,00	2,15665	2,00825255
142	143	92	PE40	32,6	1	15,00	2,00825255	2,004346435
142	144	99	PE40	32,6	1	10,00	2,00825255	2,005283211
49	50	41	PE63	51,4	1	105,00	2,016192103	2,012884589
50	63	31	PE40	32,6	1	50,00	2,012884589	2,053255
63	64	47	PE40	32,6	1	30,00	2,053255	2,003604129
63	65	70	PE40	32,6	1	20,00	2,053255	2,004606589
50	51	324	PE63	51,4	1	40,00	2,012884589	2,058254
51	66	81	PE63	51,4	1	30,00	2,058254	2,00769248
51	67	117	PE63	51,4	1	20,00	2,058254	2,007899972