

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة سعد دحلب البليدة
Université SAAD DAHLAB de BLIDA
كلية التكنولوجيا
Faculté de Technologie
قسم الإلكترونيك
Département d'Électronique



Mémoire de Master

Filière : Électronique
Spécialité : Electronique des Systèmes Embarqués
Présenté par
Arroudj Ouassim
&
Zerkouk Abdenmour

Automatisation du pipeline GPL sous la plateforme PCS7

Proposé par : M. Djamila ZERROUK

Année Universitaire 2024-2025

Remerciements

Cette thèse n'aurait jamais vu le jour sans l'aide de Dieu, le tout puissant, pour nous avoir donné la santé, le courage, la patience, la volonté et la force nécessaire, pour affronter toutes les difficultés et les obstacles à travers notre chemin d'étude.

Mener à bien un projet de thèse est un exercice difficile, exigeant un fort investissement, mais apportant nécessairement, en retour, un sentiment de satisfaction dû à l'accomplissement réussi d'un travail.

De ce fait, remercier, c'est le plaisir de se souvenir de tous ceux qui, par leurs encouragements, leur disponibilité, leur amitié et leurs compétences, ont su créer un cadre de recherche ayant permis de finaliser notre étude.

Nous tenons à exprimer notre sincère reconnaissance à Mr ELBEY pour nous avoir proposé le sujet.

Nous tenons également à remercier chaleureusement, en premier lieu, Mme. ZERROUK qui a encadré notre travail, de sa confiance, sa patience, sa générosité et sa disponibilité et son soutien qui ont permis de mener à bien notre travail.

Et, on désire sincèrement remercier toute l'équipe du département de Recherche et développement de SIEMENS, en particulier Mr.NACEF pour son aide et soutien.

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux et celles qui, de près ou de loin, nous ont aidé d'une façon ou d'une autre à élaborer notre travail.

Dédicaces

Nous dédions cet humble travail à :
Nos parents qui nous ont tant soutenus.
Nos très chères sœurs.
Toute notre famille.
Tous nos amis de la promo 2025
Houssam, Abdelkahar, Imad, Ahmed, Anis, Mohammed...

Zerkouk Abdenmour et Aroudj Ouassim

ملخص:

الهدف الرئيسي لهذا المشروع هو تصميم وتنفيذ نظام أتمتة آمن وفعال لنقل غاز البترول المسال، بما في ذلك البروبان والبيوتان، إلى مناطق التخزين (غاز)

كلمات المفاتيح:

أحدث إصدار من آلة PCS7، الرقابة والتنظيم، WinCC، ET200 HA، PLC S7-410-5H، الافتراضية.

Résumé

L'objectif principal de ce projet est de concevoir et de mettre en place un système d'automatisation sécurisé et performant pour le transfert de gaz de pétrole liquéfié (GPL), notamment le propane et le butane, depuis les navires marins jusqu'aux sphères de stockage

Mots clés : Machine virtuelle PCS7 dernière version, PLC S7-410-5H, ET200 HA, WinCC. Contrôle commande, régulation.

Abstract

The main objective of this project is to design and implement a secure and efficient automation system for the transfer of liquefied petroleum gas (LPG), including propane and butane, to storage spheres.

Keywords : Latest version PCS7 virtual machine, PLC S7-410-5H, ET200 HA, WinCC. Control, regulation.

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Résumés

Sommaire

Introduction générale..... 1

Chapitre I Présentation du lieu de la formation SIMATIC PCS7 4

I.1 Introduction 4

I.2 Présentation générale du Groupe SIEMENS..... 4

I.3 Formation au Systèmes d'automatismes S7-300/ S7-400 6

I.3.1 Description 6

I.3.2 Conditions 6

I.3.3 Cible 6

I.3.4 Contenu 6

I.3.5 Description du projet..... 7

I.4 Société NAFTAL 7

I.4.1 Présentation générale 7

I.4.2 Domaines de l'entreprise..... 8

I.4.3 Disponibilité des produits 8

I.4.4 A propos de NAFTAL 9

I.5 Relation entre les deux sociétés 9

I.5.1 Les axes clés..... 10

I.6 Conclusion..... 11

Chapitre II Transport du Gaz de Pétrole Liquéfié GPL 13

II.1 Définition du GP 13

II.2 Utilisations du GPL..... 14

II.3 Origine des GPL 14

II.3.1 Liquéfaction du gaz naturel 15

II.3.2 Traitement du pétrole brut 15

II.3.3 Raffinage de pétrole brut 16

II.4 Avantages et inconvénients du GPL.....	17
II.5 Stockage du GPL	18
II.6 Caractéristiques du GPL	19
II.6.1 Quelques propriétés physiques importantes	19
II.6.2 Viscosité cinématique	19
II.6.3 Quelques propriétés physico-chimiques importantes	20
II.6.3 Mode de transport du GPL.....	22
II.7 Conclusion.....	27
Chapitre III Appareils utilisés dans l'écosystème SIMATIC PCS7	29
III.1 Introduction	29
III.2 Les Appareils utilisés dans l'écosystème SIMATIC PCS7	29
III.2.1 L'Automate siemens S7 410-H (redondant).....	29
III.2.2 Caractéristiques Principales.....	30
III.2.3 Modules d'Alimentation (PS - Power Supply).....	30
III.3 SIMATIC Rack PC (IPC)	32
III.3.1 Définition [15]	32
III.3.2 Caractéristiques Techniques	32
III.4 Station ET200MP pour SIMATIC PCS7	34
III.4.1 Définition.....	34
III.4.2 Caractéristiques Techniques	34
III.4.3 Rôle dans une Architecture PCS7	35
III.4.4 Modules Compatibles avec PCS7	35
III.5 LOGO! 24RCE	36
III.5.1 Définition [18]	36
III.5.2 Comparaison avec les autres produits SIMATIC	37
III.5.3 Pourquoi le LOGO! 24RCE n'est pas compatible avec PCS7 ?	37
III.6 SCALANCE XC108 (SWITCH).....	38
III.6.1 Définition [19]	38
III.6.2 Rôle dans une architecture PCS7	39
III.6.3 Configuration avec PCS7	40
III.7 SINAMICS G120 (CU250S-2)	40

III.7.1 Définition et caractéristiques techniques	40
III.7.2 Intégration avec SIMATIC PCS7	42
III.7.3 Bonnes pratiques d'intégration	42
III.8 Contacteur de puissance 3RT2026-1AP00	43
III.8.1 Définition.....	43
III.8.2 Caractéristiques techniques	43
III.8.3 Rôle dans SIMATIC PCS7.....	44
III.8.4 Intégration avec PCS7	44
III.9 Disjoncteur 3RT2026-1AP00	45
III.9.1 Définition [22]	45
III.9.2 Caractéristiques Techniques	45
III.9.3 Rôle dans SIMATIC PCS7.....	46
III.10 HMI (Human Machin Interface).....	46
III.10.1 Définition [23]	46
III.10.2 Caractéristiques Techniques	47
III.10.3. Rôle dans SIMATIC PCS7.....	47
III.11 Conclusion.....	48
Chapitre IV Réalisation du projet d'automatisation du pipeline GPL	50
IV.1 Introduction	50
IV.1.1 Problématique.....	50
IV.2 Présentation des outils logiciels	50
IV.2.1 SIMATIC Manager (Environnement STEP7).....	50
IV.2.2. WinCC (Supervision)	50
IV.3 Programmation et connexion	51
IV.3.1 Création d'un multiprojet	51
IV.3.2 Connexion et Configuration des Stations.....	52
IV.3.3 Utilisation le WinCC et configuration des composants	56
IV.3.4 Configuration des vues et schémas	58
IV.4 Conclusion	60
Conclusion générale	Erreur ! Signet non défini.
Références bibliographiques	62

Liste des acronymes et abréviations

AG	HORS SOL
ATM	AUTOMATIQUE
CL	FERME
CS	ACIER AU CARBONE
D	VIDANGE
ESDV	VANNE D'ARRET D'URGENCE
H	HAUT
HH	HAUT HAUT
L	LOW (BAS)
LL	LOW LOW (BAS BAS)
MAX	MAXIMUM
MIN	MINIMUM
OP	OUVERT (OPEN)
RTU	UNITE TERMINALE A DISTANCE
SS	ACIER INOXYDABLE
TSV	SOUPAPE DE SECURITE THERMIQUE
ET	SOUTERRAIN
V	EVENT
ZSC	SIGNAL DE FERMET DU CONTROLEUR
ZS0	SIGNAL D'OUVERTURE DU CONTROLEUR

Liste des figures

Figure I.1 : Logo SIEMENS entreprise.....	4
Figure I.2 : SIEMENS Algérie entreprise	5
Figure I.3 : Localisation de SIEMENS Algérie	5
Figure I.4 : Logo NAFTAL entreprise	7
Figure I.5 : Entreprise NAFTAL Algérie.....	8
Figure I.6 : Stations-Service NAFTAL	9
Figure II.1 : Composition chimique du GPL.....	13
Figure II.2 : Extraction des GPL à partir des champs gaziers.....	15
Figure II.3 Extraction des GPL à partir des champs pétroliers	16
Figure II.4 : Production des GPL dans les raffineries	
Figure II.5 : Pouvoir calorifique du GPL.	
Figure II.6 : Combustion du GPL.....	
Figure II.7 : Point d'ébullition du GPL.	20
Figure II.8: Principaux centres de stockages et de distribution.....	
Figure III.1 : Automate programmable S7 410	30
Figure III.2 : Automate programmable S7 410	30
Figure III.5 : LOGO! 24RCE	37
Figure III.6: SCALANCE XC108 (SWITCH).....	39
Figure III.7 : Unité de commande SINAMICS G120	41
Figure III.8 : Contacteur de puissance 3RT2026-1AP00	43
Figure III.9 : Disjoncteur 3RV2021-4EA10	45
Figure III.10 : SIMATIC HMI TP700 Comfort	47
Figure IV.1 Simatic Manager.....	51
Figure IV.2 Création d'un multi projet	51
Figure IV. 3 Création de blocs	51
Figure IV.4 Création de 2 nouveaux projets	52
Figure IV.5 Création de blocs	52
Figure IV.6 Connection de blocs.....	53
Figure IV.7 Détail de connexion des blocs	53
Figure IV.8 Connexion de blocs	54

Figure IV.9 Connexion de blocs pour OS2	54
Figure IV.10 Connexion de blocs pour ES	54
Figure IV.11 Vue du réseau globale.....	55
Figure IV.12 Résultat de connexion.....	55
Figure IV.13 Résultat de connexion.....	56
Figure IV.14 Connexion de blocs	57
Figure IV.15 Résultat de connexion.....	57
Figure IV.16 Connexion de blocs	57
Figure IV.17 Résultat de connexion.....	58
Figure IV.18 Connexion de blocs	58
Figure IV.19 Connexion de blocs	58
Figure IV.20 Résultats de connexion de blocs	58
Figure IV.21 Connexion de blocs	59
Figure IV.22 Schéma général de notre projet	59

Liste des tableaux

Tableau II.1 : Proportions Propane-butane en Algérie.....	14
Tableau II.2 : Localisation des sources de production du GPL.	
Tableau II.3 : Propriétés physiques du GPL	
Tableau II.4 : Viscosité cinématique du GPL.	20
Tableau II.5 : Pression de vapeur saturante du GPL	21
Tableau II.6 : Pouvoir calorifique du GPL.....	22
Tableau II.7: Comparaison des rapports de prix de revient dans les différents	
Tableau III.1 : Configuration des modules d'alimentations.....	31
Tableau III.2 : Exemples d'applications de l'ET200MP.....	35
Tableau III.3 : Exemples d'applications de l'ET200MP.....	35
Tableau III.4 : Différents modules compatibles avec l'ET200MP	36
Tableau III.5 : Comparaison de LOGO!	37
Tableau III.6 : Comparaison de LOGO!	37
Tableau III.7 : Comparaison de LOGO!	37
Tableau III.8 : Caractéristiques techniques du Contacteur de puissance	44
Tableau III.9 : Caractéristiques Techniques de 3RV2021-4EA10.....	45
Tableau III.10 : Caractéristiques Techniques de HMI	47

L'automatisation industrielle occupe aujourd'hui une place centrale dans les processus de production, de distribution et de stockage des ressources énergétiques. Dans un contexte mondial où la sécurité, la performance opérationnelle et la durabilité sont devenues des priorités stratégiques, la mise en œuvre de solutions d'automatisation avancées est essentielle, en particulier dans des secteurs sensibles tels que l'industrie pétrolière et gazière.

Le gaz de pétrole liquéfié (GPL), composé principalement de propane et de butane, est un combustible largement utilisé pour le chauffage, cuisson, et comme carburant alternatif. Son transfert depuis les navires méthaniers vers les installations de stockage terrestres, notamment des sphères sous pression, nécessite une extrême précision, un contrôle rigoureux et des dispositifs de sécurité sophistiqués. Toute défaillance dans ce type de système peut engendrer des risques majeurs : surpression, explosion, fuites toxiques ou incendies.

Dans cette optique, le projet présenté vise à concevoir, simuler et mettre en place une solution d'automatisation complète pour le transfert sécurisé et optimisé du GPL à travers un pipeline industriel, en s'appuyant sur la plateforme d'automatisation SIMATIC PCS 7 de Siemens. Cette solution intègre non seulement les aspects de contrôle-commande, de régulation de procédé et de supervision, mais aussi des mécanismes de sécurité fonctionnelle, de redondance, et de diagnostic avancé.

Le choix de PCS 7 se justifie par sa capacité à offrir une plateforme intégrée, modulaire et évolutive, permettant une gestion centralisée des équipements et des processus.

L'environnement de développement sera mis en œuvre dans une machine virtuelle sous la dernière version de PCS 7, offrant un cadre idéal pour la simulation, la validation fonctionnelle, et l'évolution progressive vers un déploiement réel en industrie.

Ce projet a ainsi une double ambition : former à la maîtrise des outils d'automatisation de dernière génération tout en répondant à une problématique industrielle réelle, à savoir le transfert de GPL dans un cadre sécurisé, efficace et conforme aux normes internationales.

Chapitre I

Présentation du lieu de la formation SIMATIC PCS7

Chapitre I Présentation du lieu de la formation SIMATIC PCS7

I.1 Introduction

Siemens, groupe industriel allemand de renommée mondiale, est un leader dans les domaines de l'automatisation, de l'électrification et de la numérisation industrielle. Sa solution PCS 7 permet une gestion intégrée des processus, du contrôle-commande à la supervision, en passant par la régulation et la sécurité. À travers ce projet, nous mettons en œuvre des technologies telles que le PLC S7 410-5H, les modules ET 200MP HA, et le logiciel WinCC, dans un environnement virtuel conçu pour refléter les conditions réelles d'un site industriel GPL.

I.2 Présentation générale du Groupe SIEMENS

Siemens AG est un géant technologique mondial dont le siège social se situe à Munich, en Allemagne, avec une présence forte en Algérie à travers Siemens Algérie. Leader dans les domaines de l'industrie, des infrastructures, des transports et de la santé, Siemens impulse la transformation numérique à travers des solutions innovantes en automatisation, électrification et numérisation. Fort de plus de 170 ans d'excellence en ingénierie, Siemens fusionne les mondes physique et numérique pour améliorer la productivité, l'efficacité et la durabilité. [1] [2].



Figure I.1 : Logo SIEMENS entreprise

Siemens est un leader dans les domaines de l'électrification, de l'automatisation et de la digitalisation. Elle propose des solutions innovantes dans des secteurs variés tels que l'industrie, l'énergie, la santé, la mobilité et les infrastructures intelligentes. [3]

En Algérie, Siemens a joué un rôle clé dans :

- La modernisation de l'automatisation industrielle
- Le développement de solutions énergétiques durables

- La conception d'infrastructures intelligentes
- La formation des talents locaux via des partenariats académiques

Notre projet de recherche a été développé en collaboration avec Siemens Algérie, qui a fourni des conseils techniques précieux et la documentation de référence, démontrant ainsi l'engagement de Siemens dans le partage des connaissances et le progrès technologique dans les marchés émergents. [4].



Figure I.2 : SIEMENS Algérie entreprise

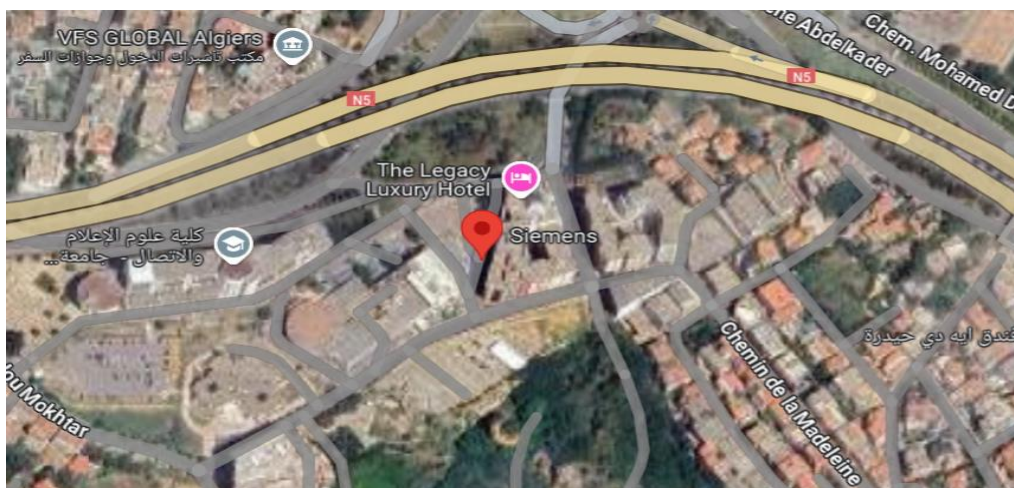


Figure I.3 : Localisation de SIEMENS Algérie

I.3 Formation au Systèmes d'automatismes S7-300/ S7-400

- **SIMATIC Service niveau 1** [5].

I.3.1 Description

Ce cours est destiné aux opérateurs & personnel de la maintenance et du montage qui installent, mettent en service et assurent la maintenance des systèmes d'automatisation SIMATIC-S7 ou SINUMERIK (commande numérique).

I.3.2 Conditions

Pour ce module, les connaissances suivantes sont indispensables pour atteindre les objectifs :

- Windows 7 (l'un de ces systèmes d'exploitation).
- Expérience dans la maintenance électrique traditionnelle.

I.3.3 Cible

- Assembler et monter un automate SIMATIC Step7.
- Adresser et câbler des modules d'entrées / sorties.
- Réaliser la mise en service et la maintenance d'un système d'automatisme.

I.3.4 Contenu

- La gamme SIMATIC S7
- Matériel de formation
- Montage et maintenance d'un système d'automatisme
- Le SIMATIC manager
- Mise en service matériel
- Documentation, sauvegarde, archivage
- Configuration matériel/concept mémoire

- Symbolique
- Edition des blocs
- Opérations binaires
- Opérations numériques

I.3.5 Description du projet

Notre projet consiste à traiter plusieurs points que nous résumons ci-dessous :

- **Automatisation** complète du transfert GPL entre le port et les terminaux de stockage.
- **Sécurisation** du système, avec une supervision avancée pour détecter et gérer tout incident éventuel.
- **Optimisation** des processus de régulation (boucles en cascade, régulation de débit et de pression).

I.4 Société NAFTAL

I.4.1 Présentation générale

Naftal est une société par actions (SPA) au capital social de 160 000 000 000 .00 DA. Fondée en 1982 et filiale à 100% du Groupe Sonatrach, elle est rattachée à l'activité commercialisation. Elle a pour mission principale, la distribution et la commercialisation des produits pétroliers et dérivés sur le marché national [24].



Figure I.4 : Logo NAFTAL entreprise

I.4.2 Domaines de l'entreprise

Cette entreprise intervient dans plusieurs domaines que nous résumons dans les quelques points ci-dessous.

- L'enfûtage des GPL
- La formulation des bitumes
- La distribution, le stockage et la commercialisation des carburants, GPL, lubrifiants, bitumes, pneumatiques, GPL/carburant, produits spéciaux
- Le transport des produits pétroliers.

I.4.3 Disponibilité des produits

Pour assurer la disponibilité des produits sur tout le territoire, Naftal met à contribution plusieurs modes de transport :

- Le transport des produits pétroliers.
- Le cabotage et les pipes, pour l'approvisionnement des entrepôts à partir des raffineries
- Le rail pour le ravitaillement des dépôts à partir des entrepôts.
- La route pour la livraison des clients et le ravitaillement des dépôts non desservis par le rail.

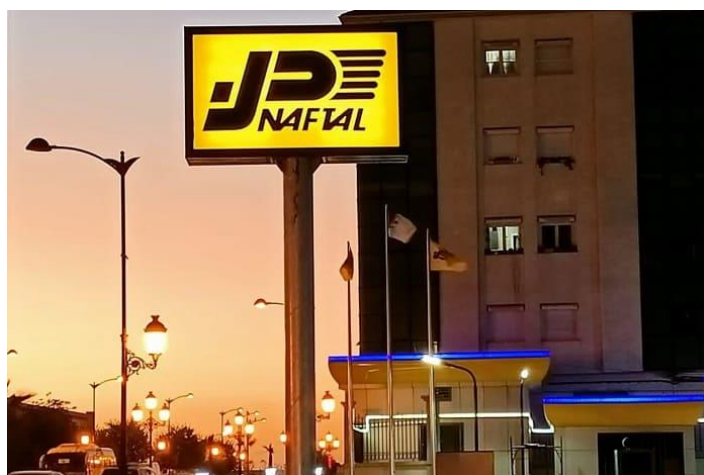


Figure I.5 : Entreprise NAFTAL Algérie

I.4.4 A propos de NAFTAL

A l'ère de la mondialisation, Naftal a jugé indispensable la mise en place d'une nouvelle organisation par ligne de produit (bitumes, lubrifiants, réseau, logistique, GPL, pneumatique, Aviation, Marine).

Naftal fournit près de 13,3 millions de tonnes de produits pétroliers par an, un chiffre appelé à augmenter avec une demande en constante croissance.

Elle a également mis en place une nouvelle vision stratégique à moyen terme orientée client avec un plan de mise en œuvre.

I.5 Relation entre les deux sociétés

Les deux entreprises Siemens et NAFTAL constituent un partenariat stratégique pour moderniser l'infrastructure énergétique de l'Algérie



Figure I.6 : Stations-Service NAFTAL

L'Algérie renforce sa transition énergétique grâce à une collaboration ambitieuse entre Siemens, leader mondial des technologies industrielles et numériques, et NAFTAL, entreprise clé dans la distribution des hydrocarbures. Ce partenariat vise à moderniser les infrastructures pétrolières du pays à travers des solutions automatisées et digitales, alignées sur les principes de l'Industrie 4.0.

I.5.1 Les axes clés

Les principaux objectifs visés par cette fusion des deux sociétés sont résumés dans ce qui suit :

I.5.1.1 Automatisation des opérations

Siemens équipe NAFTAL de systèmes avancés de contrôle-commande (PLC) et de supervision (SCADA) pour optimiser la gestion des réseaux de distribution et des stockages de carburant. Ces technologies permettent une surveillance en temps réel, réduisant les risques d'erreurs et améliorant la productivité.

I.5.1.2 Gestion intelligente de l'énergie

L'intégration de solutions Smart Grid et de plateformes de gestion énergétique (comme Siemens MindSphere) aide NAFTAL à minimiser les pertes d'énergie et à préparer l'intégration des énergies renouvelables dans ses installations.

I.5.1.3 Durabilité et efficacité

Le projet mis en place inclut des modules pour réduire l'empreinte carbone (optimisation des flux logistiques, détection des fuites, etc.), soutenant ainsi les objectifs algériens de diversification énergétique.

I.5.1.4 Impacts et perspectives

Ce partenariat positionne l'Algérie comme un acteur régional innovant dans le domaine pétrolier. À long terme, il pourrait servir de modèle pour d'autres pays africains cherchant à moderniser leurs infrastructures avec des nouvelles technologies.

I.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons donné un aperçu de l'entreprise Siemens dans laquelle nous avons réalisé notre projet de master.

Nous avons parlé du partenariat stratégique entre les deux entreprises Siemens et NAFTAL. Nous avons donné les différents domaines d'activités dans lesquels interviennent ces deux entreprises

CHAPITRE II

TRANSPORT DU GAZ DE

PETROLE LIQUEFIE (GPL)

II.1 Définition du GP

Les gaz de pétrole liquéfiés sont des hydrocarbures composés majoritairement de coupes en C3 et C4, le butane et le propane étant les principaux composants. Le butane et le propane commercialisés ne sont pas des produits chimiquement purs mais des mélanges d'hydrocarbures répondant à des spécifications officielles bien définies. Deux des caractéristiques qui différencient le butane et le propane, à la température ambiante, sont :

- La température d'ébullition.
- La tension de vapeur ou pression du gaz.

Ces produits, gazeux dans les conditions normales de température et de pression, peuvent être facilement liquéfiés, rendant ainsi leur manipulation et leur transport très aisés [6].



Figure II.1 : Composition chimique du GPL

Le Gaz de Pétrole Liquéfié (GPL) utilisé comme Carburant, est un hydrocarbure composé de propane C₃H₈ et de butane C₄H₁₀ comprimés à la température ordinaire et à la pression atmosphérique normale. Ces derniers ont la propriété de passer à l'état liquide dès qu'on les soumet à une légère pression.

Les taux des gaz utilisés pour la composition du GPL varient selon les pays et prennent ainsi en compte les conditions climatiques.

En Algérie, les proportions du complexe Propane-Butane sont étudiées de manière à obéir aux normes de sécurité et varient selon les saisons et les régions comme nous le montre le tableau II.1 suivant :

Régions Saisons	Nord		Sud	
	Eté	Hiver	Eté	Hiver
Eté	80% Propane	20% Butane	60 % Propane	40 % Butane
Hiver	100% Propane	0% Butane	80 % Propane	20 % Butane

Tableau II.1 : Proportions Propane-butane en Algérie.

II.2 Utilisations du GPL

Les GPL sont traditionnellement utilisés pour la cuisine, dans les briquets (butane) et le chauffage mais la gamme d'utilisation s'est élargie, ils sont utilisés dans de nombreux secteurs, nous citons :

- Le secteur de transport en tant qu'un excellent carburant (GPL/Sirghaz)
- Le secteur industriel en tant que combustible
- Le secteur de la production d'électricité

II.3 Origine des GPL

Les sources du GPL en Algérie sont diverses, nous citons :

- Les unités de traitements sur les champs des hydrocarbures (principalement les gisements de gaz naturel et de pétrole situés dans les régions de Hassi R'mel et Hassi Messaoud
- Les complexes de liquéfaction de gaz naturel
- Les raffineries de pétrole brut

II.3.1 Liquéfaction du gaz naturel

Au cours des traitements de gaz, il est indispensable de séparer les GPL du reste des constituants de gaz naturel pour éviter en particulier les condensations dans les gazoducs de transports sous pression élevée.

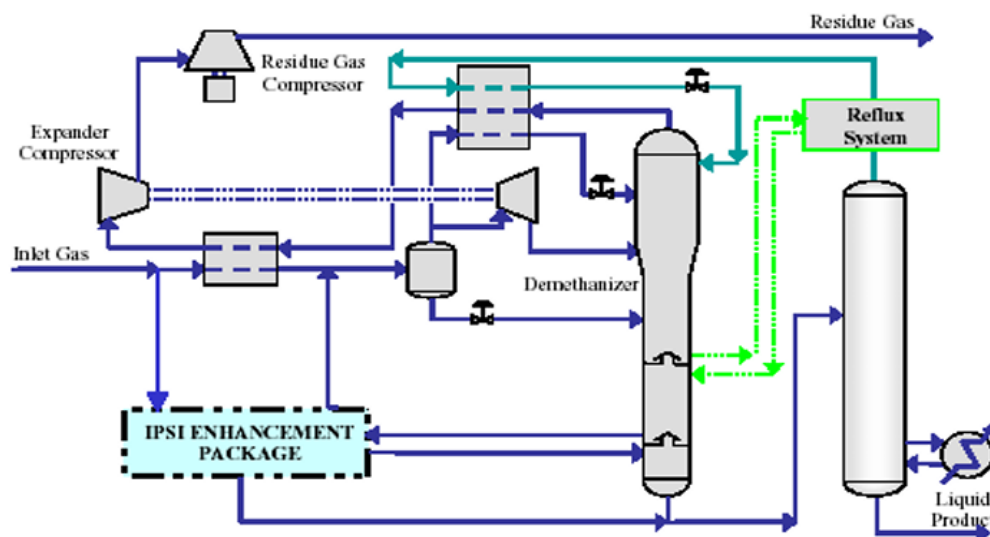


Figure II.2 : Extraction des GPL à partir des champs gaziers.

II.3.2 Traitement du pétrole brut

Il est nécessaire de stabiliser le pétrole brut à proximité des gisements de production en évacuant les gaz dissous qui contiennent des proportions importantes de propane et de butane qui peuvent être liquéfiés d'où le nom de Gaz de Pétrole Liquéfié (GPL).

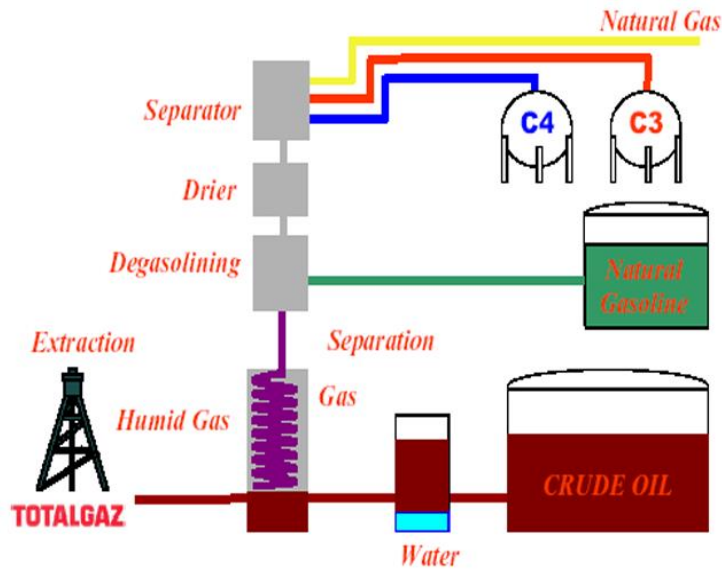


Figure II.3 : Extraction des GPL à partir des champs pétroliers.

Figure II.3 Extraction des GPL à partir des champs pétroliers

II.3.3 Raffinage de pétrole brut

Suivant le pétrole traité dans les raffineries, on peut lui attribuer différentes utilisations comme représenté dans la figure II.4 ci-dessous [7].

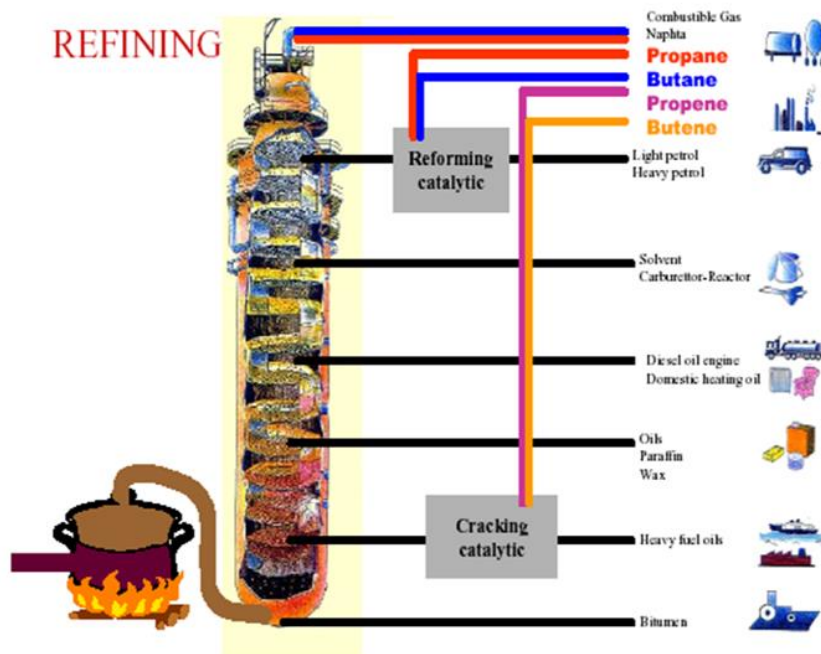


Figure II.4 : Production des GPL dans les raffineries

II.4 Avantages et inconvénients du GPL

Le GPL est utilisé généralement comme combustible, la consommation mondiale de ce produit énergétique ne cesse d'augmenter du fait qu'il offre plusieurs avantages notamment [8]:



Figure II.5 : Pouvoir calorifique du GPL.

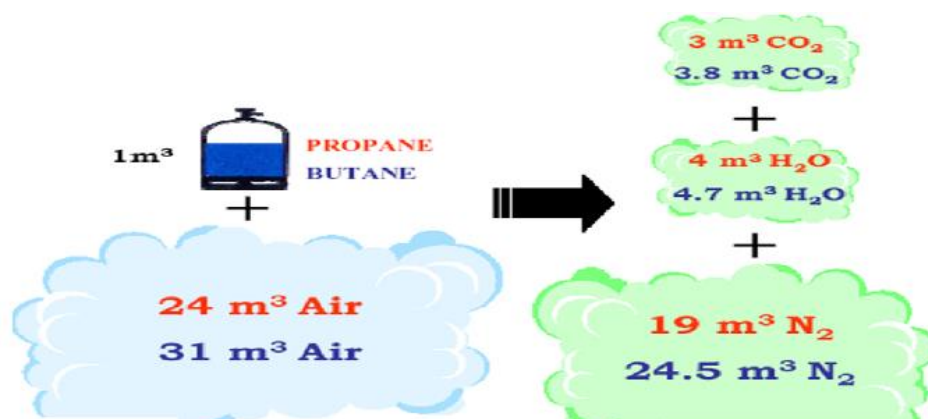


Figure II.6 : Combustion du GPL.

Ses principaux inconvénients sont :

- Le risque d'asphyxie due à une forte concentration du GPL ce qui peut entraîner la mort subite
- Les brûlures dues à l'exposition au produit gazeux ou liquide pouvant entraîner des brûlures ou des engelures graves
- Incendie ou explosion

II.5 Stockage du GPL

Ces gaz sont stockés sous leur propre tension de vapeur c'est-à-dire que les conditions de stockage sont telles qu'il y'a coexistence des états liquides et gazeux du gaz concerné, ainsi la pression de stockage dépend uniquement de [9]:

➤ La nature du produit stocké (c'est-à-dire de ses propriétés physiques en particulier)

➤ La température de stockage.

Il existe trois modes de stockage pour les GPL que nous résumons dans les quelques points suivants :

➤ Les stockages sous pression où les gaz sont stockés à la température ambiante

➤ Les stockages réfrigérés sous pression où les gaz sont stockés à une température voisine ou inférieure à 0°C. Ce mode est employé pour les produits présentant des températures critiques relativement basses

➤ Les stockages cryogéniques pour les gaz incondensables à température ambiante. On ramène la température de stockage à une valeur voisine de la température d'ébullition du produit.

Gisement de Production GPL	Raffineries Productrices GPL	Complexes G.N.L Producteurs GPL
Hassi R'mel	Arzew	Arzew
Hassi Messaoud	Hassi Messaoud	Skikda
Haoudh el Hamra	Skikda	
Rhoud Enouss	Alger (Sidi-Arzine)	
Gassi-Touil		
Alrar		

Tableau II.2 : Localisation des sources de production du GPL.

II.6 Caractéristiques du GPL

II.6.1 Quelques propriétés physiques importantes

Les principales propriétés physiques du GPL sont données dans le tableau II.3 ci-dessous.

	Point d'ébullition (°C)	Masse volumique du liquide (kg/m ³) à 15 °C	Masse volumique (kg/m ³) à 15°
Butane	0	585	2.50
Propane	-40	502	1.85

Tableau II.3 : Propriétés physiques du GPL

Voici quelques estimations

- 1 litre de butane liquide libère 239 litres de gaz (15 °C, – 1bar)
- 1 litre de propane liquide libère 311 litres de gaz (15 °C, – 1 bar)

Toutes ces caractéristiques physiques confèrent un avantage certain du point de vue du stockage et du transport du GPL.

II.6.2 Viscosité cinématique

La viscosité d'un fluide est une caractéristique qui permet de déterminer la résistance au mouvement du fluide. Plus la viscosité cinématique sera élevée

et plus il sera difficile de déplacer le fluide dans la canalisation. Plus le fluide est visqueux plus les frottements sont élevés, donc la perte de charge augmente.

Viscosité cinématique à 15°C (Cst)	
Butane	0,39
Propane	0,24

Tableau II.4 : Viscosité cinématique du GPL.

II.6.3 Quelques propriétés physico-chimiques importantes

Les principales propriétés physico chimiques sont :

1) Température d'ébullition

A une pression donnée, chaque liquide bout à une température fixe et cette température ne varie pas pendant toute la durée de l'ébullition. Par exemple, sous la pression atmosphérique normale :

L'eau bout à 100° C, le lait à 70° C, le butane à 0° C, le propane à - 42° C et le GPL à - 25° C.

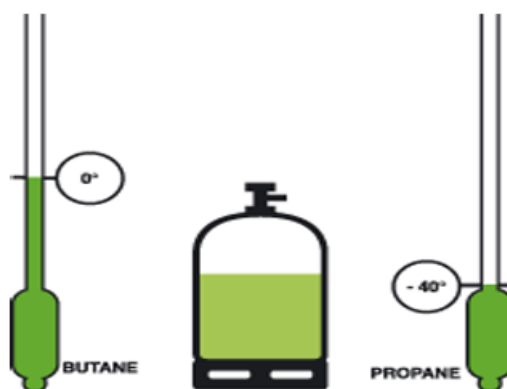


Figure II.7 : Point d'ébullition du GPL.

Les GPL sont à l'état liquide pour toutes les températures inférieures à celles indiquées plus haut, et l'ouverture du robinet du récipient qui les contient ne donne lieu à aucune émission de gaz.

Pour les températures supérieures à ces valeurs, chaque fois que l'on ouvre le robinet du récipient, il y a ébullition du liquide, formation de vapeur donc de gaz.

Les bouteilles de propane sont toujours placées à l'extérieur des locaux. Le point d'ébullition particulièrement bas du propane lui confère l'avantage de pouvoir être utilisé pendant les hivers les plus rigoureux.

2) Pression de vapeur saturante

C'est la pression de vapeur maximale que l'air peut supporter à une température donnée. le liquide à une pression d'ébullition bien donnée correspond à sa tension de vapeur. Si la pression en un point de ce liquide devient inférieure à la tension de vapeur, il entre en ébullition.

Il faut donc une température supérieure à :

- 0°C pour obtenir un débit gazeux en butane
- - 40°C pour un débit gazeux en propane

Pression de vapeur saturante à 15°C (bars)	
Butane	10
Propane	21

Tableau II.5 : Pression de vapeur saturante du GPL

3) Pouvoir calorifique

On appelle pouvoir calorifique supérieur du gaz combustible (PCS) la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète de 1m³ de ce gaz mesuré à 0°C sous la pression de 1.013 bar, l'eau produite par la combustion se trouve sous forme liquide.

Le pouvoir calorifique inférieur (PCI) est mesuré dans les mêmes condition que le (PCS), la différence c'est que l'eau se trouve sous forme de vapeur.

Le tableau II.6 permet d'apporter quelques indications.

	BUTANE commercial	PROPANE commercial
PCS (Pouvoir Calorifique Supérieur)	49,4 MJ ou 13,7 kWh par kg 120,5 MJ ou 33,5 kWh par m ³ à 15°C et 1013 mbar	49,8 MJ ou 13,8 kWh par kg 93,3 MJ ou 25,9 kWh par m ³ à 15°C et 1013 mbar
PCI (Pouvoir Calorifique Inférieur)	45,6 MJ ou 12,66 kWh par kg 109,6 MJ ou 30,45 kWh par m ³ à 15°C et 1013 mbar	46,0 MJ ou 12,78 kWh par kg 85,3 MJ ou 23,70 kWh par m ³ à 15°C et 1013 mbar

Tableau II.6 : Pouvoir calorifique du GPL.

II.6.3 Mode de transport du GPL

Les moyens de transport des hydrocarbures existants actuellement dans le monde sont les suivants :

- Transport maritime : par navires pétroliers ou par caboteurs, pour le gaz liquéfié on utilise des méthaniers ; Transport fluvial
- Transport ferroviaire c'est-à-dire par wagons citernes ;
- Transport routier : par camions citernes ;
- Transport par avion ;
- Transport par canalisation : (pipelines).

II.6.3.1 Les moyens de transport utilisés par NAFTAL

Les différents moyens de transport utilisés pour le transport du GPL sont résumés dans ce qui suit :

1) Le cabotage

Il permet le transport du GPL vers les entrepôts portuaires d'Alger et Bejaia à partir de la raffinerie de Skikda au moyen de 4 caboteurs affrétés auprès des entreprises publiques et de transport.

2) Le transport par route

NAFTAL enregistre une grande pénétration de la route dans le ravitaillement du GPL c'est le moyen le plus utilisé au jour d'aujourd'hui. Malgré son coût élevé, chose qui entraîne le recours au pipeline, il reste le mode le moins coûteux dans le transport.

Ce mode de transport est constitué de :

- 133 tracteurs
- 166 citernes butanières
- 116 citernes propanières

3) Le transport ferroviaire

Ce mode de transport est quasiment inexistant vu qu'il n'y a pas de raccordements ferroviaires dans plusieurs zones de consommateurs.

4) Transport par Pipelines

Il existe 350 Km de canalisations permettant l'approvisionnement des principaux centres de stockages et de distribution (Figure II.8) réparties comme suit :

- De la raffinerie RA1Z (Arzew) à l'entrepôt de Tlemcen 175 Km
- De la raffinerie RA1G (Alger) à l'entrepôt de Blida 60 Km
- De la raffinerie RA1K (Skikda) à l'entrepôt d'El Khroub 115 Km

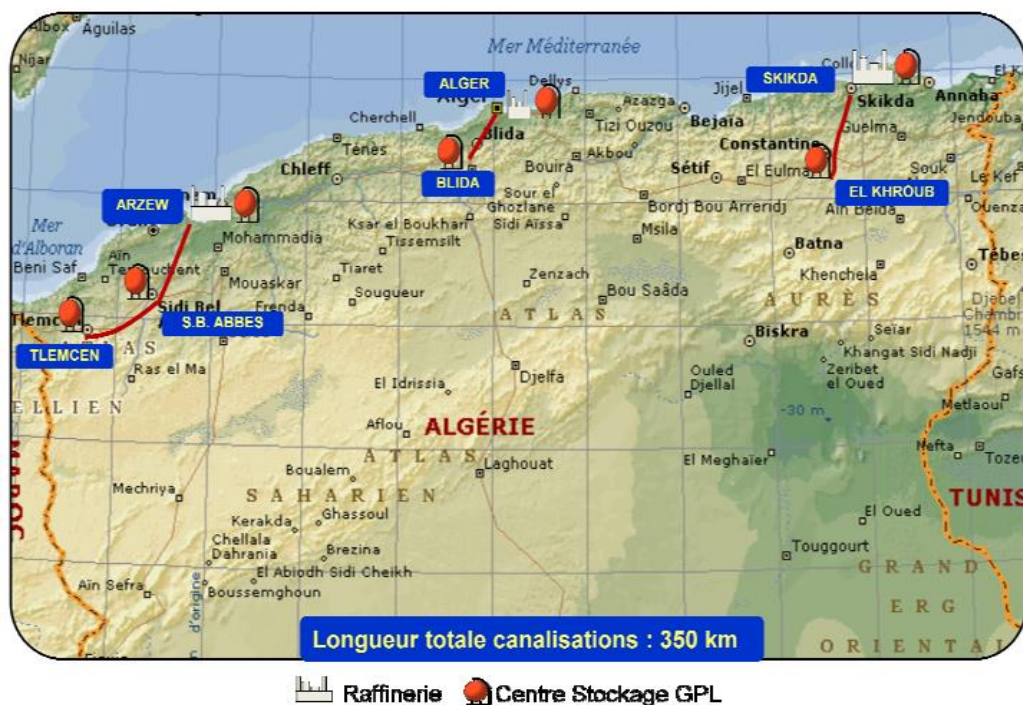


Figure II.8: Principaux centres de stockages et de distribution

De nouveaux projets de canalisation GPL sont en cours de réalisation dans les années à venir comme le montre la figure II.9.



Figure II.9 : Canalisations du GPL en cours de réalisation

- De la raffinerie RA1Z à l'entrepôt de Blida 356 Km
- De la raffinerie de Tiaret à l'entrepôt de Relizane 94 Km
- De la raffinerie RA1G à l'entrepôt d'EL Batna 500 Km
- Picage vers Tizi Ouzou 70 Km
- Picage vers Bejaia 100 Km
- De la raffinerie RA1K à l'entrepôt de Berrahal 80 Km

Le prix de revient assez bas du transport du pétrole et du gaz Algérien s'explique par le fait que celui-ci s'effectue par pipeline dans la majorité des cas.

Nous pouvons comparer d'après le tableau II.7 ci-dessous, les rapports des prix de revient des différents moyens de transport pour un même trajet et des conditions d'exploitation identique.

Moyens de transports	Prix de revient relatif au pipe line
Pipe line	1,0
Camion-citerne	6,0
Wagon citerne	5
Bateau	8

Tableau II.7: Comparaison des rapports de prix de revient dans les différents Modes de transport.

De ce fait le transport par canalisation est plus avantageux.

5) Transport par canalisation

Comme les sources des hydrocarbures se trouvent dans des régions désertiques, le choix du transport par canalisation reste le plus adéquat.

On cite quelques avantages une fois mis en compétition avec les autres moyens classiques de transport (bateaux, camions, wagons...).

- Transport de grandes quantités d'hydrocarbures ; la tendance actuelle est orientée vers un accroissement du diamètre, mais également vers un allégement et une interconnexion des réseaux de transport
- Le tracé est sensiblement rectiligne, de ce fait, la distance parcourue est plus faible, car la conduite franchit plus aisément que n'importe quel autre moyen de transport les accidents de la géographie et des reliefs (fleuves, montagnes, marécages...)
- L'énergie à dépenser est relativement faible puisqu'il n'y a pas de dépassement du contenant et pas de retour à vide

L'hydrocarbure est transporté dans des conduites en acier.

II.6.3.2 Caractéristiques du pipeline

Les canalisations servant au transport, à moyenne et grandes distance, des liquides et notamment du pétrole brut sont appelées « Oléoducs», ou de gaz «Gazoducs».

Elles sont caractérisées par leurs diamètres, épaisseurs et matières dont elles sont fabriquées ainsi que par leur résistance à la pression.

En général un pipeline est caractérisé par :

- Une grande longueur
- Une pression de service élevée (jusqu'à 100 bars)
- Un grand diamètre jusqu'à 56". L'industrie mondiale de fabrication des tubes est capable de réaliser des conduites de 64", qui sont actuellement au stade de l'essai) et des épaisseurs variant de 6.35 mm à 23 mm

II.6.3.3 Exploitation des pipelines

Les tâches principales d'un service d'exploitation d'un pipeline consiste à :

- Organiser le trafic d'un ou plusieurs produits
- Déterminer le régime économique du pompage ;
- Maintenir le régime de fonctionnement des installations ;
- Surveillance, entretien et récupération de la ligne, et de l'équipement de la station et de protection contre la corrosion ;
- Un centre de dispatching dirige les manœuvres journalières, dresse les plans d'exécution aux diverses stations de contrôle de la progression des cargaisons dans les lignes afin de prévoir le moment d'arrivée et pouvoir les réceptionner convenablement.

Dans un souci de sécurité on doit prévoir le renforcement des consignes de sécurité au passage des zones à forte densité de population aussi bien lors de la construction de la conduite (renforcement de l'épaisseur de la conduite, gaine, etc...) que lors de l'exploitation (prévention des incendies etc...).

II.6.3.4 Utilisation des pipelines

En plus du pétrole et du gaz on utilise la conduite pour transporter les produits suivants :

- Plusieurs produits par une même conduite, appelé batching ou pompage successif ;
- Produit visqueux et paraffiné ayant la température de congélation au-dessous de zéro.
- Du gaz liquéfié avec une température de transport jusqu'à moins 160°C ;
- Des minéraux mélangés avec de l'eau ;
- Eventuellement du matériel contenu dans des containers poussés par de l'air sous pression fourni par des compresseurs.

II.7 Conclusion

Nous avons consacré ce chapitre au Gaz de Pétrole Liquéfié encore connu sous le nom de GPL. Nous avons fait une comparaison entre ses différents modes de transport, de son stockage ainsi que de son raffinage. Nous avons également donné ses principales caractéristiques.

Chapitre III

Appareils utilisés dans l'écosystème SIMATIC PCS7

Chapitre III Appareils utilisés dans l'écosystème SIMATIC PCS7

III.1 Introduction

SIMATIC PCS7 (Process Control System 7) est un système d'automatisation intégré et évolutif développé par Siemens pour le contrôle avancé des processus industriels. Conçu comme un Distributed Control System (DCS), il est particulièrement adapté aux industries exigeantes telles que :

- Pétrochimie & Raffinage.
- Pharmaceutique & Biotechnologie.
- Énergie (centrales, renouvelables).
- Eau & Traitement des déchets.
- Alimentaire & Chimie.

III.2 Les Appareils utilisés dans l'écosystème SIMATIC PCS7

III.2.1 L'Automate siemens S7 410-H (redondant)

Le ***SIMATIC S7-410-5H*** est un automate programmable (PLC) haute disponibilité de la gamme Siemens S7-400, conçu pour les applications critiques nécessitant une tolérance aux pannes élevée et une continuité de service maximale. Il est utilisé dans les industries où les arrêts coûtent cher (pétrochimie, énergie, gestion des réseaux d'eau, etc.).



Figure III.1 : Automate programmable S7 410

III.2.2 Caractéristiques Principales

Les principales caractéristiques de l'automate programmable S7 410 sont résumées dans les quelques points ci-dessous :

- **Redondance intégrée** : Architecture H (High Availability) avec deux CPU en mode miroir pour une bascule automatique en cas de défaillance.
- **Temps de réaction ultra-rapide** : Cycle d'exécution inférieur à la milliseconde.
- **Modularité** : Compatible avec les modules d'extension S7-400 (E/S, communication, sécurité).
- **Sécurité fonctionnelle** : Prise en charge des normes SIL3 (IEC 61508) et Cat.4 (EN 13849).
- **Communication avancée** : Protocoles PROFIBUS, PROFINET, Ethernet Industriel (IE).
- **Mémoire étendue** : Jusqu'à 20 Mo pour les programmes utilisateur.

III.2.3 Modules d'Alimentation (PS - Power Supply)

Tous les réseaux **24 volts** industriels peuvent être utilisé pour alimenter la CPU du **S7 410-H**.

Dans le tableau III.1, les modules d'alimentation de la gamme S7 sont détaillés.

Référence	Tension d'Entrée	Tension de Sortie	Courant Max	Particularités
PS 407 10A	120/230V AC	24V DC	10A	Alimentation standard pour racks S7-400
PS 405 20A	24/48/60V DC	24V DC	20A	Alimentation DC pour zones sensibles
PS 407 30A	120/230V AC	24V DC	20A	Haute capacité pour configuration complexes
PS 407 4A	120/230V AC	24V DC	4A	Solution compacte pour petits racks

Tableau III.1 : Configuration des modules d'alimentations



Figure III.2 : Siemens sitop-psu6200

Les différentes fonctionnalités sont :

- **Raffineries et pipelines** : redondance critique
- **Centrales électriques** : synchronisation des secours
- **Réseaux ferroviaires** : signalisation haute disponibilité)

III.3 SIMATIC Rack PC (IPC)

III.3.1 Définition [15]

Le SIMATIC Rack PC (*IPC*) est un ordinateur industriel en format rack conçu par Siemens pour des applications de contrôle et d'automatisation exigeantes, notamment dans les systèmes SIMATIC PCS7. Ces *IPC* sont optimisés pour fonctionner dans des environnements industriels sévères (vibrations, poussière, températures extrêmes, etc.) et sont largement utilisés comme :

- ❖ Station d'ingénierie (**ES**) pour la configuration *PCS7*
- ❖ Station opérateur (**OS**) pour la supervision *HMI*.
- ❖ Serveur PCS7 (pour les architectures client-serveur).

III.3.2 Caractéristiques Techniques

Les principales caractéristiques techniques sont résumées dans les quelques points suivants :

1) Robustesse Industrielle

- Température étendue : Fonctionnement possible de 0°C à 55°C (options de refroidissement renforcé disponibles).
- Résistance aux vibrations/chocs (normes IEC 60068-2-6).
- Protection anti-poussière/humidité (selon modèle, jusqu'à IP20 à IP65).
- Conception sans ventilateur (pour une meilleure fiabilité dans les environnements poussiéreux).

2) Performances Matérielles

- Processeurs Intel Xeon ou Core i7/i5 (selon modèle).
- Mémoire RAM : Jusqu'à 128 Go DDR4 ECC (pour les serveurs critiques).

3) Stockage

- SSD NVMe industriels (haute résistance aux chocs).
- RAID 1/5/10 (option redondance pour les serveurs PCS7).

4) Connectivité

- Ports PROFINET/Ethernet (intégrés ou via CP).
- USB, Serial, PCIe (pour extensions).

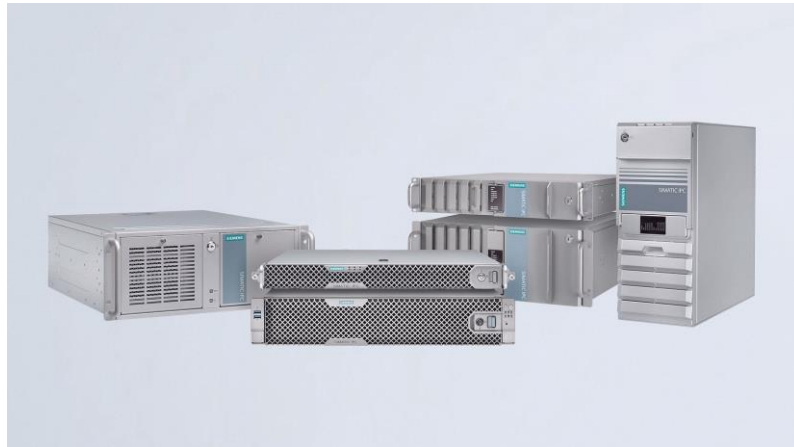


Figure III.3: SIMATIC IPC Rack-P

Les SIMATIC Rack PC sont couramment utilisés dans les architectures PCS7

5) Principaux rôles [16]

Fonction	Description	Exemple de Modèle
Station d'Ingénierie (ES)	Configuration et programmation des automates PCS7.	SIMATIC IPC847E
Station Opérateur (OS)	Supervision via WinCC OA/PCS7 OS.	SIMATIC IPC677D
Serveur PCS7	Centralisation des données (archivage, alarmes, historisation).	SIMATIC IPC827D
Serveur Redondant	Pour les architectures haute disponibilité (failover automatique).	SIMATIC IPC847E (en duo)

Tableau III.2 : Rôles Principaux de IPC

6) Avantages pour PCS7

- Stabilité optimisée pour les systèmes temps réel.
- Compatibilité certifiée avec PCS7 V9.0 et ultérieures.
- Système d'exploitation préinstallé (Windows Server, Windows IoT, Linux).
- Gestion centralisée via SIMATIC IT ou TIA Portal.

III.4 Station ET200MP pour SIMATIC PCS7

III.4.1 Définition

L'ET200MP est un système d'E/S décentralisé de Siemens, basé sur la plateforme SIMATIC S7-1500, conçu pour une intégration transparente dans les architectures SIMATIC PCS7. Il permet de distribuer les entrées/sorties (E/S) près des capteurs et des actionneurs, tout en étant piloté par un automate central (S7-410H dans PCS7) [17].

III.4.2 Caractéristiques Techniques

Les principales caractéristiques techniques sont résumées dans les quelques points suivants :

1) Architecture Modulaire

- **Interface de communication**
 - PROFINET (principalement, avec IRT pour le temps réel).
 - PROFIBUS DP (en option via module interface).
- **Modules compatibles**
 - Identiques aux modules S7-1500 (SM, FM, CM).
 - Supporte les modules SIPLUS pour environnements extrêmes.
 - Plage de température : 0°C à 60°C (standard), extensions possibles.
 - Protection : IP20 (pour armoires électriques)
 - Montage sur rail DIN ou rack.

2) Gestion dans PCS7

- Configuration : Via HW Config dans PCS7 ou TIA Portal.

- Diagnostic avancé : Intégré dans l'interface PCS7 (alarmes, maintenance prédictive).



Figure III.4 : Automation I/O de la station ET200MP

III.4.3 Rôle dans une Architecture PCS7

L'ET200MP est principalement utilisé comme :

- **Remote I/O** pour réduire le câblage dans les usines étendues
- **Solution redondante** (avec IM155-5 PN HF en version double port PROFINET)
- **Extension d'E/S** pour les CPU PCS7 (S7-400H via PROFIBUS/PROFINET)

Dans le tableau III.3, nous donnons quelques exemples d'applications.

Cas d'usage	Avantages
Pétrochimie	Modules SIL3/Cat.4 pour zones critiques.
Pharmaceutique	E/S déportées en salle blanche.
Energy (offshore)	Résistance aux environnements corrosifs.

Tableau III.3 : Exemples d'applications de l'ET200MP

III.4.4 Modules Compatibles avec PCS7

Le tableau III.4 montre les différents modules compatibles

Type	Exemple de Référence	Fonction
Interface Module	6ES7155-5AA00-0AB0 (IM155-5 PN ST)	Base PROFINET
Digital Input (DI)	6ES7521-1BL00-0AB0	32x24VDC
Digital Input (DI)	6ES7532-5HD00-0AB0	4x20mA
Communication	6ES7540-1AB00-0AA0	PROFIBUS CM

Tableau III.4 : Différents modules compatibles avec l'ET200MP

III.5 LOGO! 24RCE

III.5.1 Définition [18]

Le LOGO! 24RCE est un micro-automate programmable de Siemens, appartenant à la gamme LOGO! 8. Il se distingue par :

➤ **Entrées/Sorties intégrées**

- 8 entrées numériques (24V DC).
- 4 sorties relais (230V AC/DC).

➤ **Connectivité**

- Port Ethernet intégré (pour la communication via LOGO! Web Server ou TIA Portal).
- Option CM EIB/KNX pour la domotique.

➤ **Programmation**

- Via LOGO! Soft Comfort ou TIA Portal (version basique).
- Langage FBD (Function Block Diagram) ou LAD (Ladder)



Figure III.5 : LOGO! 24RCE

III.5.2 Comparaison avec les autres produits SIMATIC

Dans le tableau III.5, nous montrons les comparaisons entre les différents LOGO

Caractéristique	LOGO! 24RCE	S7-1200	S7-1500	ET200MP
Public cible	Petites applications	Machines simples	Usines complexes	E/S décentralisées
Communication	Ethernet, KNX	PROFINET, Modbus	PROFINET, OPC UA	PROFINET/ PROFIBUS
Intégration PCS7	✗ Non compatible	✓ Limitée (via PN)	✓ Native	✓ Native
Usage typique	Éclairage, HVAC	Convoyeurs, pompes	Contrôle processus	Remote I/O

Tableau III.5 : Comparaison de LOGO!

III.5.3 Pourquoi le LOGO! 24RCE n'est pas compatible avec PCS7 ?

Dans ce paragraphe, nous donnons les différents points de compatibilité.

➤ Architecture logicielle

PCS7 est conçu pour les automates S7-400/1500 et leurs E/S dédiées (comme l'ET200MP). Le LOGO! utilise un firmware et des protocoles simplifiés.

➤ **Communication**

Le LOGO! ne supporte pas PROFIBUS/PROFINET PCS7 (nécessaires pour l'intégration DCS). Son Ethernet est limité à des fonctions basiques (Web Server, Modbus TCP).

➤ **Gestion des tags**

PCS7 requiert une base de données centralisée (AS-OS Engineering), absente dans LOGO!.

III.6 SCALANCE XC108 (SWITCH)

III.6.1 Définition [19]

Le SCALANCE XC108 est un switch industriel managé de Siemens, conçu pour les réseaux PROFINET et Ethernet dans des environnements industriels exigeants.

➤ **Caractéristiques clés**

- 8 ports Ethernet 10/100 Mbps (RJ45).
- Montage sur rail DIN (compact pour armoires électriques).
- Gestion avancée : VLAN, QoS, IGMP Snooping, diagnostics PROFINET.
- **Robustesse** : Température de fonctionnement -40°C à +70°C, résistance aux vibrations/chocs.
- **Certifications** : PROFINET Conformance Class B, compatible MRP (Media Redundancy Protocol).



Figure III.6: SCALANCE XC108 (SWITCH)

III.6.2 Rôle dans une architecture PCS7

Le SCALANCE XC108 est utilisé pour :

- **Créer des réseaux locaux fiables** entre les automates (S7-400/1500), les E/S (ET200MP/SP) et les stations PCS7 (OS/ES).
- **Assurer la redondance** via MRP (pour éviter les coupures réseau critiques).
- **Segmenter le trafic** avec des VLAN (ex : séparer les données processus du trafic HMI).

Exemples d'applications

Le tableau III.6 montre quelques exemples d'application pour le switch Scalance XC108.

Cas d'usage	Exemple de Référence
Usine chimique	Résistance aux ambiances corrosives (boîtier métallique).
Ligne de production redondante	MRP pour un temps de récupération < 200 ms.
Salle de contrôle PCS7	VLAN pour isoler les flux OT/IT.

Tableau III.6 : Exemples d'applications pour SCALANCE XC108

III.6.3 Configuration avec PCS7

Les étapes clés sont résumées dans les quelques points ci-dessous :

➤ Planification réseau

- Définir les adresses IP (ex : sous-réseau PROFINET dédié).
- Activer MRP si redondance requise (en anneau avec d'autres switches SCALANCE).

➤ Paramétrage dans TIA Portal/PCS7

- Utiliser PRONETA ou SINEC NMS pour configurer les VLAN/QoS.
- Vérifier la priorité des paquets (QoS pour les données temps réel PROFINET).

➤ Diagnostic intégré

- Les alarmes réseau (câbles défectueux, congestions) remontent dans PCS7 Web Diagnostics.

III.7 SINAMICS G120 (CU250S-2)

III.7.1 Définition et caractéristiques techniques

Le SINAMICS G120 avec Control Unit CU250S-2 est un variateur de fréquence modulaire de Siemens, particulièrement adapté aux applications industrielles nécessitant un contrôle précis des moteurs asynchrones et synchrones [20].



Figure III.7 : Unité de commande SINAMICS G120

- **Caractéristiques clés**
 - *Plage de puissance* : 0,55 kW à 250 Kw
 - *Tension d'alimentation* : 380-480 V AC, 3 phases
- **Interfaces de communication**
 - *PROFIBUS DP* (intégré)
 - *PROFINET* (option via carte CBE20)
 - *USB* pour configuration locale
- **Fonctionnalités avancées**
 - Régulation vectorielle sans capteur
 - Fonctions de sécurité intégrées (STO, SS1)
 - Technologie Energy Saving

III.7.2 Intégration avec SIMATIC PCS7

- **Méthodes de connexion**

Le tableau III.7 Montre les modes de connections du variateur de fréquence CINAMICS G120

Interface	Avantages	Inconvénients
PROFIBUS DP	Intégration native avec PCS7	Débit limité
PROFINET	Meilleures performances, diagnostic avancé	Nécessite carte CBE20 additionnelle
I/O Direct	Simple via entrées/sorties analogiques	Moins flexible

Tableau III.7 : Méthodes de connexion de SINAMICS G120

- **Configuration dans PCS7**

- **Ajout du G120 dans la configuration matérielle**

- Via HW Config pour PROFIBUS
- Via TIA Portal pour PROFINET

- **Paramétrage des blocs fonctionnels**

- Utilisation des CFC pour la logique de contrôle
- Blocs standard PCS7 pour les variateurs (FB/MFB)

- **Diagnostic**

- Intégration des alarmes dans l'architecture PCS7
- Surveillance des paramètres clés (courant, température)

III.7.3 Bonnes pratiques d'intégration

- **Pour PROFIBUS**

- Vérifier l'adressage DP
- Configurer correctement le GSD file
- Utiliser des longueurs de câble appropriées

➤ **Pour PROFINET**

- Activer l'IRT pour les applications temps réel critiques
- Configurer les paramètres de QoS

➤ **Sécurité**

- Activer les fonctions de sécurité (STO)
- Documenter les paramètres dans la validation système

III.8 Contacteur de puissance 3RT2026-1AP00

III.8.1 Définition

Le 3RT2026-1AP00 est un contacteur de puissance de la gamme SIRIUS de Siemens, conçu pour la commutation de charges électriques dans les applications industrielles. Il est souvent utilisé dans les armoires de commande pour contrôler des moteurs, des chauffages ou d'autres charges haute puissance [21]



Figure III.8 : Contacteur de puissance 3RT2026-1AP00

III.8.2 Caractéristiques techniques

Les principales caractéristiques techniques de ce contacteur sont résumées dans le tableau III.8.

Paramètre	Valeur/Description
Tension de bobine	230V AC (50/60 Hz)
Courant nominal (Ie)	25 A (AC-3, 400V)
Catégorie d'emploi	AC-3 (Moteurs asynchrones)
Nombre de pôles	3 (TP + 1 contact auxiliaire NO)
Protection	Résistant aux surcharges et courts-circuits
Montage	Sur rail DIN (35 mm)

Tableau III.8 : Caractéristiques techniques du Contacteur de puissance

III.8.3 Rôle dans SIMATIC PCS7

Dans une architecture PCS7, le contacteur 3RT2026-1AP00 peut être utilisé pour :

- Commander des moteurs (pompes, ventilateurs) via un automate S7-400/1500.
- Isoler des circuits de puissance en cas de défaut (couplé avec un relais thermique 3RB).
- Interfacer des sorties digitales du PLC vers des charges haute puissance.

III.8.4 Intégration avec PCS7

➤ Câblage typique

- La bobine (A1/A2) est pilotée par une sortie digitale du PLC (ex: module SM 322).
- Les contacts puissance (L1-T1, L2-T2, L3-T3) alimentent le moteur.

➤ Diagnostic

- Le contact auxiliaire (NO) peut être remonté en entrée PLC pour confirmation de l'état.

III.9 Disjoncteur 3RT2026-1AP00

III.9.1 Définition [22]

Le 3RV2021-4EA10 est un disjoncteur moteur compact de la gamme SIRIUS 3RV de Siemens, conçu pour la protection des circuits électriques dans les applications industrielles. Il est particulièrement utilisé dans les installations automatisées avec SIMATIC PCS7 pour sécuriser les moteurs, les transformateurs et autres charges contre les surcharges et les court-circuit.



Figure III.9 : Disjoncteur 3RV2021-4EA10

III.9.2 Caractéristiques Techniques

Paramètre	Valeur/Description
Courant nominal (I_n)	25 A (réglable)
Tension d'emploi	690 V AC / 250 V DC
Pouvoir de coupure	100 kA (à 400 V AC)
Type de déclencheur	Thermomagnétique (combine surcharge + court-circuit)
Plage de réglage	18–25 A (pour la protection moteur)
Montage	Sur rail DIN (35 mm)
Normes	IEC 60947-2, UL 489

Tableau III.9 : Caractéristiques Techniques de 3RV2021-4EA10

III.9.3 Rôle dans SIMATIC PCS7

Dans une architecture PCS7, le disjoncteur 3RV2021-4EA10 remplit plusieurs fonctions critiques que nous détaillons ci-dessous :

➤ Protection des moteurs

- Détecte les surcharges (via le déclencheur thermique) et les court-circuit (déclencheur magnétique).
- Évite les dommages coûteux aux équipements (ex. : pompes, ventilateurs).

➤ Intégration avec les automates

- Peut-être couplé avec des contacteurs (3RT) pour former un combinaison moteur.
- Les signaux de défaut peuvent être remontés vers le PLC (ex. : via entrée digitale).

➤ Sécurité opérationnelle

- Contribue à la conformité SIL3 dans les applications critiques (avec relais de sécurité).

III.10 HMI (Human Machin Interface)

III.10.1 Définition [23]

Le SIMATIC HMI TP700 Confort est un panneau opérateur tactile haut de gamme de la série Confort Panel de Siemens, spécialement conçu pour les applications industrielles exigeantes. Il sert d'interface homme-machine (HMI) dans les systèmes SIMATIC PCS7, permettant aux opérateurs de visualiser, contrôler et diagnostiquer les processus industriels en temps réel.



Figure III.10 : SIMATIC HMI TP700 Comfort

III.10.2 Caractéristiques Techniques

Paramètre	Valeur/Description
Écran	7" TFT LCD (800 x 480 pixels) tactile résistif
Processeur	ARM Cortex-A8 (performances élevées)
Memoir	512 Mo RAM / 2 Go Flash
Connectivity	PROFINET, Ethernet, USB 2.0
Protection	IP65 (face avant) pour environnements industriels sévères
Plage de température	0°C à +50°C (standard)
Alimentation	24 V DC (plage : 19.2–28.8 V)
Logiciel	Configuré via TIA Portal avec Winch

Tableau III.10 : Caractéristiques Techniques de HMI

III.10.3. Rôle dans SIMATIC PCS7

Dans une architecture PCS7, le TP700 Comfort remplit plusieurs fonctions clés que nous résumons dans les quelques points suivants :

- Visualisation des processus : Affichage des schémas processus, tendances, alarmes.
- Contrôle opérateur : Commandes manuelles (démarrage/arrêt, réglages).

- Diagnostic : Surveillance des états d'équipements (vannes, moteurs, capteurs).
- Journalisation : Archivage des alarmes et données pour la traçabilité.

➤ **Exemples d'applications**

- Salles de contrôle dans les raffineries
- Postes locaux pour la maintenance en usine pharmaceutique
- Supervision énergétique dans les centrales électriques

III.11 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons fait une analyse fonctionnelle de notre projet réalisé.

Nous avons passé en revue les différents matériels utilisés, leurs principales caractéristiques techniques ainsi que leurs rôles dans SIMATIC PCS7

Chapitre IV

Réalisation du projet d'automatisation du pipeline GPL

Chapitre IV Réalisation du projet d'automatisation du pipeline GPL

IV.1 Introduction

Ce projet porte sur la conception et la mise en œuvre d'un système d'automatisation industrielle dédié au transfert sécurisé du gaz de pétrole liquéfié (GPL), principalement le propane et le butane, entre des navires marins et des sphères de stockage terrestres. Pour répondre aux exigences élevées en matière de sécurité, fiabilité et performance, ce Système est réalisé à l'aide des plateformes **SIMATIC Manager** (PCS 7) et **WinCC** développée par Siemens.

IV.1.1 Problématique

Notre travail consiste à mettre en œuvre un système d'automatisation industrielle du transport sécurisé du GPL par pipeline.

IV.2 Présentation des outils logiciels

IV.2.1 SIMATIC Manager (Environnement STEP7)

- Rôle dans la configuration matérielle et la programmation des Automates (S7-300/S7-400).
- Création des blocs fonctionnels (FB, FC) et des blocs de Données (DB) dédiés au contrôle du pipeline.
- Configuration des modules E/S pour la supervision des Capteurs/actionneurs.

IV.2.2. WinCC (Supervision)

- Interface homme-machine (IHM) pour la visualisation des Processus.
- Création des écrans dynamiques (débit, pression, alarmes).
- Archivage des données et gestion des historiques.

IV.3 Programmation et connexion

Dans cette section, nous allons donner les principales de la programmation de notre projet

IV.3.1 Création d'un multiprojet

1.Ouvrir le logiciel « SIMATIC Manager »

2.Créer un nouveau multi-projet



Figure IV.1 Simatic Manager

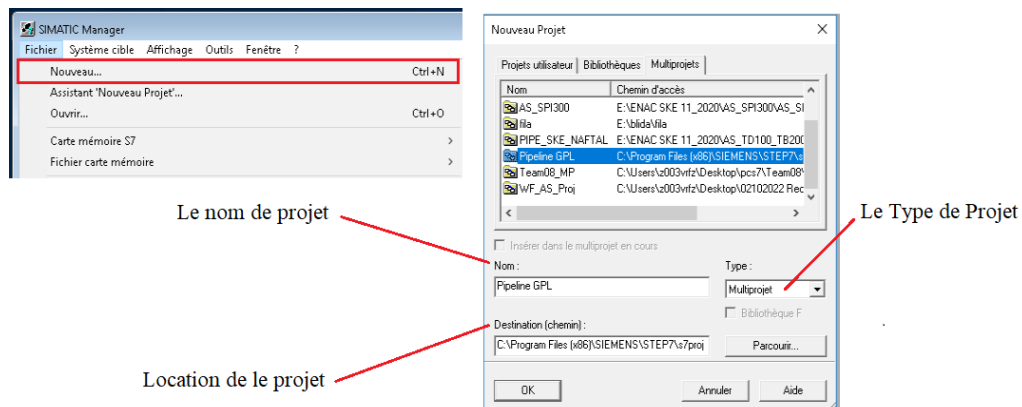


Figure IV.2 Création d'un multi projet

Résultat

Nous remarquons la présence de Multi projet 'Pipeline GPL'

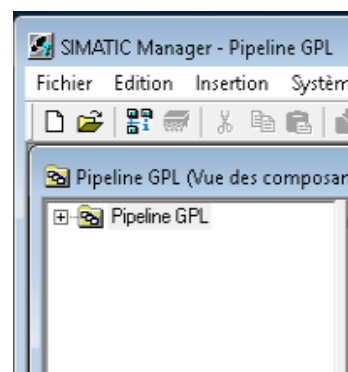


Figure IV. 3 Création de blocs

3. Creation de deux nouveaux projet

Projet pour *l'AS* (Système Automatique) et pour *l'OS* (Station operateur).

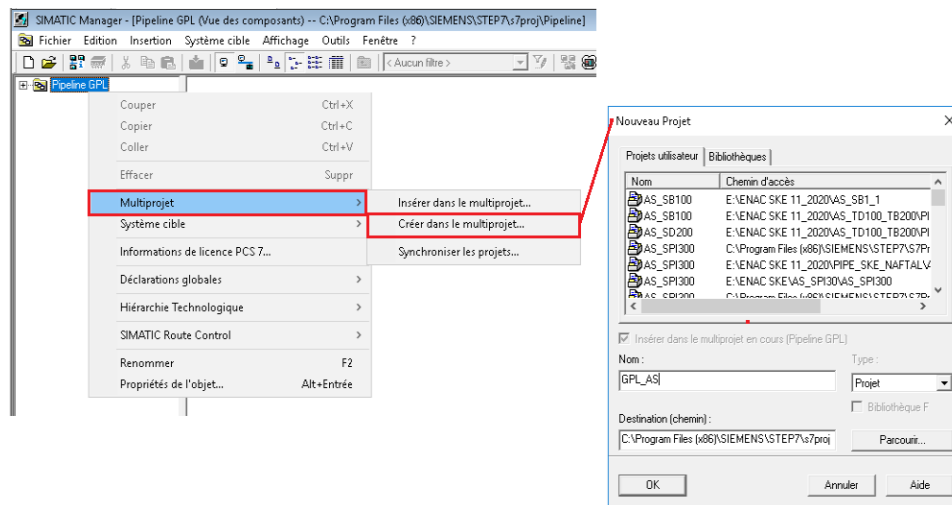


Figure IV.4 Création de 2 nouveaux projets

Résultat

Nous remarquons la présence de deuxprojets

GPL_AS

GPL_OS

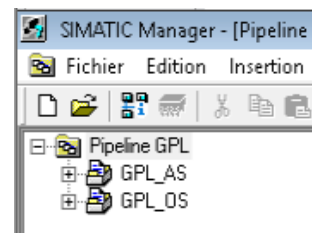


Figure IV.5 Création de blocs

IV.3.2 Connexion et Configuration des Stations

1. Nous utilisons la station **S7 410-5H** (redondant)

- Click droit a le projet : **GPL_AS** » *Insère un nouvel objet* » **Station SIMATIC H**

- Et Insère un type des donnes **Ethernet** pour la connexion

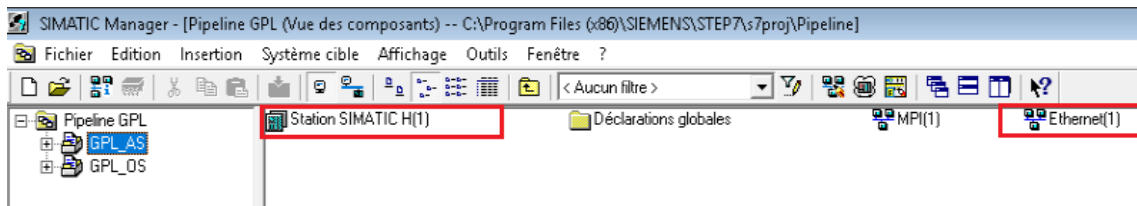


Figure IV.6 Connection de blocs

2. ouvrir *Station SIMATIC H* » *Matériel*

- Dans **la fenêtre droite** :

Ouvrir **SIMATIC-400** » **RACK-400** » **UR2-H** et déplacer vers la fenêtre principale.

- Dans le Rack :

Ajouter : **PS 407 10A (alimentation)** et **CPU 410-5H (le PLC souhaité)**

- Répéter les mêmes étapes pour ajouter le deuxième Rack (deuxième CPU et deuxième alimentation).

3. Ajouter un Station IM155-6-PN-HA-V1.1 (ET200MP) puis connecter la station avec deux Rack souhaités (Ethernet : ‘Profinet’)

Résultat : On remarque deux câbles connectés avec la Station **ET200MP**

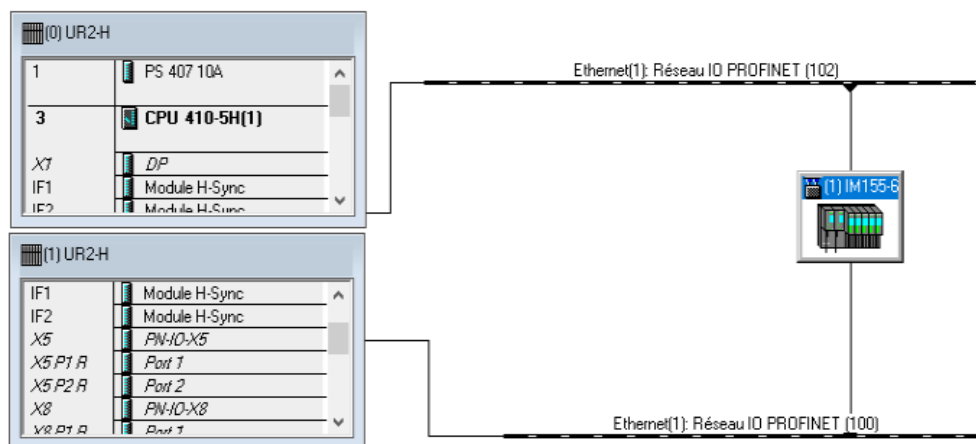


Figure IV.7 Détail de connexion des blocs

4. Click droit a le projet **GPL_OS** » *Insère un nouvel objet* » **OS**.

Et le même Avec *l'ES*.

Puis on Insère un type des données **Ethernet** pour la connexion

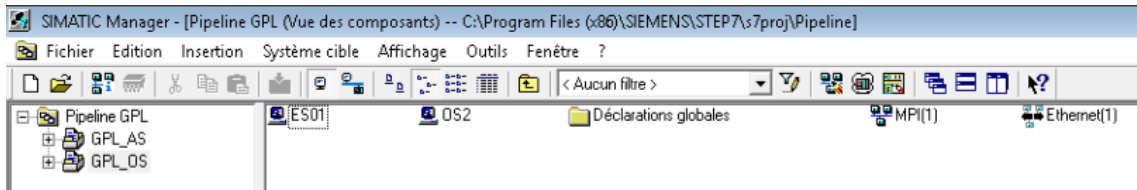


Figure IV.8 Création de blocs

5. ouvrir **OS2** » *Configuration* et Ajouter les objets suivants :

- ❖ **WinCC Appl**
- ❖ **CP1623**

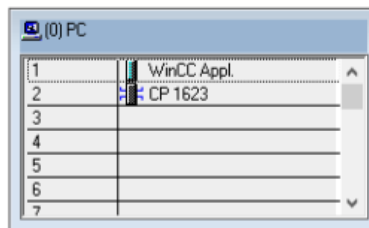


Figure IV.9 Connexion de blocs pour OS2

- ❖ Répéter les mêmes étapes (Pour *l'ES*)

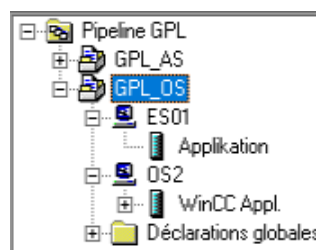


Figure IV.10 Connexion de blocs pour ES

5. Pour la vérification de la connexion

Click sur l'icône suivant () :



Figure IV.11 Vue du réseau globale

Après l'entrée, ouvrir **Affichage » Vue de réseaux globale**

Résultat de connexion

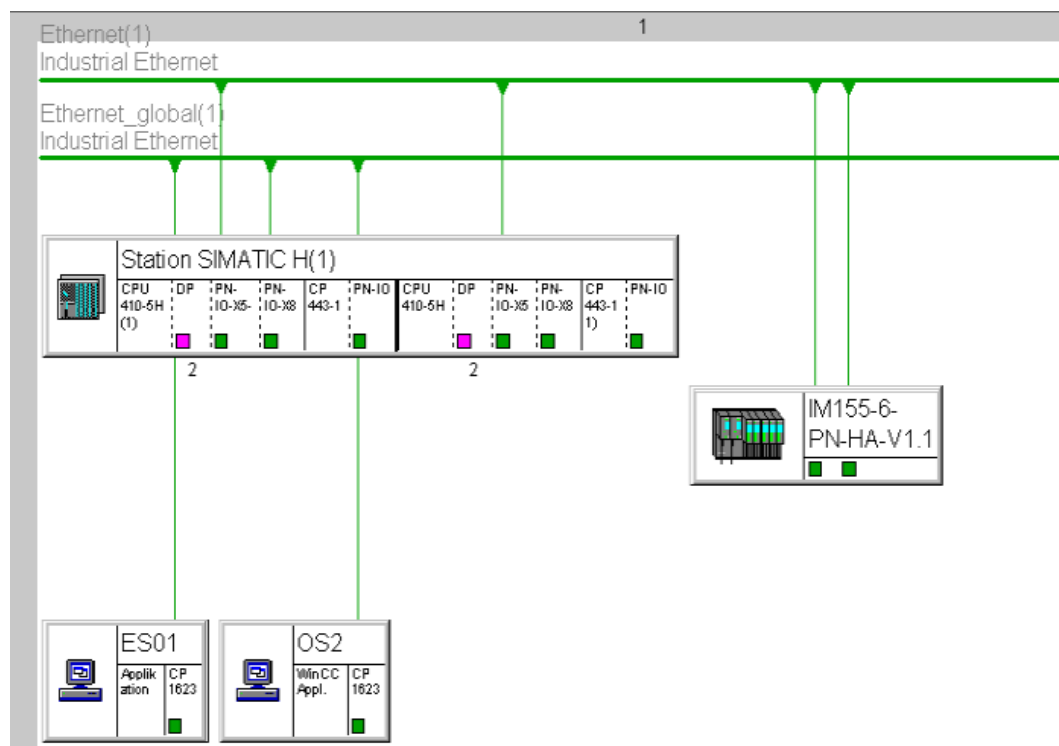


Figure IV.12 Résultat de connexion

Nous remarquons que tous les appareils sont connectés

Dans le dossier 'EL-HARRACH', crée des nouveaux CFC's Projets (Pour chaque composant souhaite) et configurer pour ces composants.

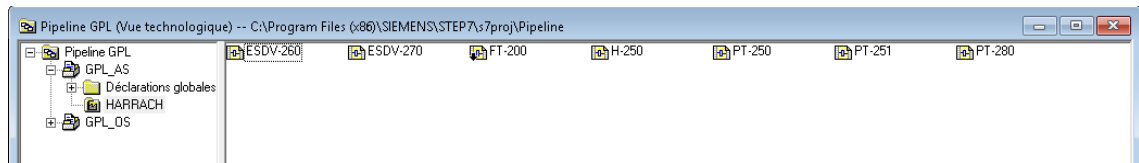


Figure IV.15 Création de blocs

Ex : Pour la vanne ESDV-260 (Emergency Shut Down Valve)

- ❖ ouvrir le cfc : ESDV-26.
- ❖ Dans la base fenêtre, Ouvrir **Bibliothèque » PCS7 AP Library V90 » Blocks/Templates/...**
- ❖ Sélectionner **Valve Motor** et nommer : **ESDV-260**

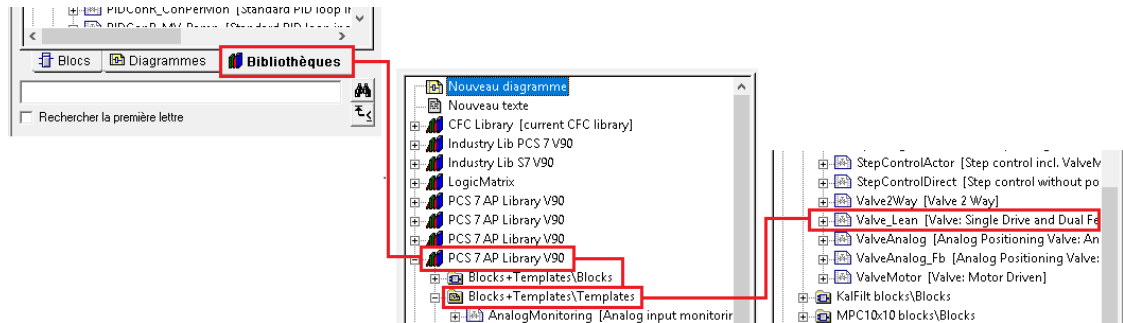


Figure IV.16 Connexion de blocs

La vanne en affichage :

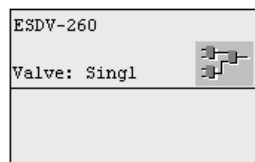


Figure IV.17 Création de blocs

- ❖ Sauvegarder et compiler et charger



Figure IV.18 Création de blocs

IV.3.4 Configuration des vues et schémas

1. Dans le « SIMATIC Manager » : ouvrir **Affichage** » **Vue technologique**
2. Ouvrir GPL_OS et crée un nouveau dossier « EL HARRACH »

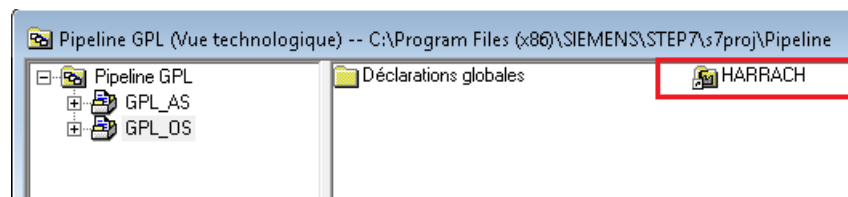


Figure IV.19 Connexion de blocs

3. crée un nouveau Vue Projet.

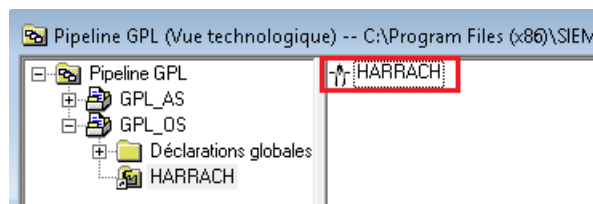


Figure IV.20

4. Dans la fenêtre du haut, ouvrir **Affichage** » **Vue des composants**
5. Click droit pour : **GPL-OS** » **OS2** » **WinCC Appl** » **OS3** et compiler.

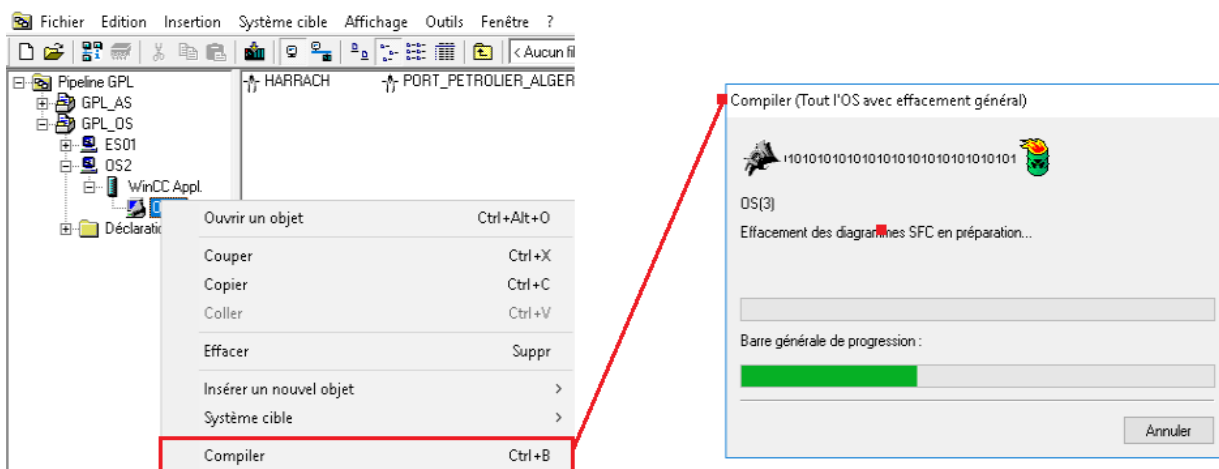


Figure IV.21 Création de blocs

6. Ouvrir un objet dans OS ou double click sur « HARRACH »

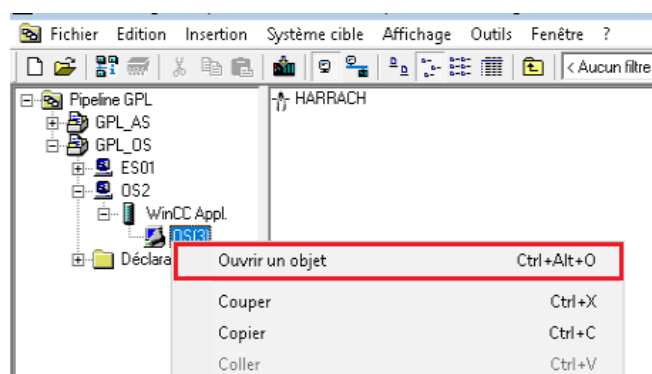


Figure IV.22 Création de blocs

7. Ouvrir : Graphics designer » HARRACH, et le projet est mis sous forme de schéma.

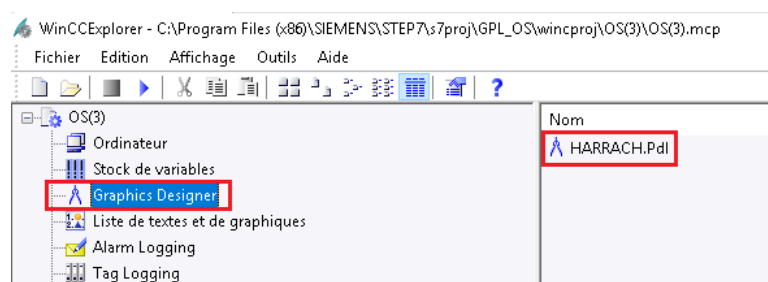
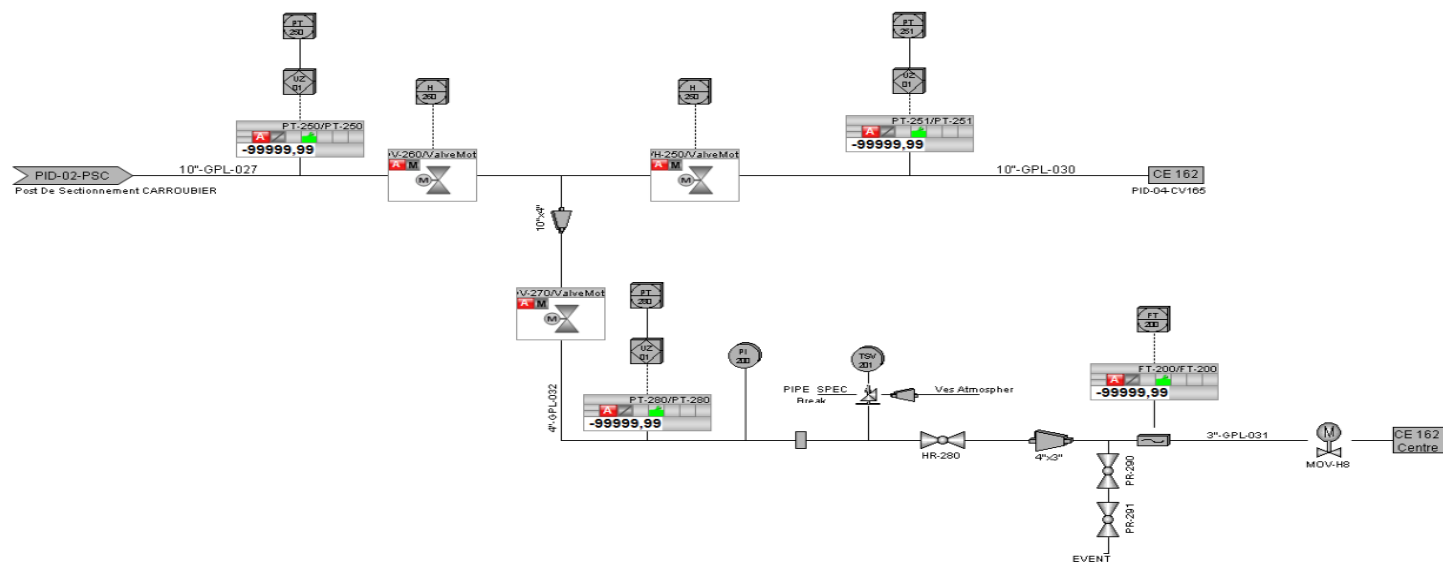


Figure IV.23



IV.24 Schéma global du projet

La résolution de ce schéma est de 1920x847.

IV.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons mis le point sur notre projet d'automatisation du transport du GPL par pipeline.

Nous avons mis le point sur la conception de ce système du GPL, nous avons donné les principales étapes de programmation de notre projet. Toutes les configurations des blocs ont été clairement détaillées.

Conclusion générale

Dans notre mémoire intitulé **Automatisation de pipeline GPL par la plateforme PCS7** et réalisé au sein de l'entreprise SIEMENS, nous avons tenté d'apporter une solution efficace et durable à l'automatisation d'un système de transport du **gaz de pétrole liquéfié (GPL)** par pipeline permettant ainsi d'améliorer la productivité au sein de l'entreprise.

Ce transport de GPL est destiné à se faire entre des navires marins et des sphères de stockage terrestres.

Notre projet consiste à concevoir et à mettre en œuvre un système d'automatisation industrielle dédié au transfert sécurisé du GPL. Ce Système est réalisé à l'aide des plateformes **SIMATIC Manager** (PCS 7) et **WinCC** développée par Siemens.

Un travail consistant de programmation a été présenté et mis en place dans ce mémoire.

La solution d'automatisation SIMATIC PCS7 proposée, traite tous les aspects de contrôle, de commande, de régulation ainsi que les mécanismes de redondance.

Le choix de PCS 7 n'est pas aléatoire mais il a permis d'offrir une plateforme intégrée, modulaire et évolutive, permettant une gestion complète de tous les équipements au sein de notre entreprise.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

[1] Siemens générale

<https://en.wikipedia.org/wiki/Siemens>

[2] <https://www.6gcontrols.com/fr/siemens-a-comprehensive-guide-to-the-global-technology-giant/>

[3] [4] Siemens Algérie

<https://www.algerie360.com/siemens-fete-ses-60-ans-de-presence-en-algerie/>

[5] Formations - Systèmes d'automatismes S7-400 - SIMATIC Service niveau 1

<https://sitrain.siemens.dz/module/show/2>

[6] Définition du GPL :

<https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/gaz-de-petrole-liquefies-gpl>

[7] Raffinage pétrolier

<https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/raffinage-petrolier#:~:text=Le%20p%C3%A9trole%20brut%20est%20inject%C3%A9,enfin%20une%20partie%20des%20lourds.>

[8] Avantages du GPL

<https://www.antargaz.fr/guide-pratique/gpl-carburant/avantages>

[9] stockage du GPL

<https://www.equip-fluides.com/categories/gpl/stockage-gpl/#:~:text=Des%20solutions%20pour%20le%20stockage%20GPL&text=Ils%20peuvent%20%C3%AAtre%20install%C3%A9s%20hors,leur%20exploitation%20en%20tout%20e%20s%C3%A9curit%C3%A9.>

[10] 2Automate programmable industriel - SIMATIC S7-400

<https://www.zoneindustrie.com/Produit/Automate-programmable-industriel-9054.html>

[11] 2S7-400/S7-400H/S7-400F/FH

<https://mall.industry.siemens.com/mall/de/ww/catalog/products/5000014>

[12] Sitop

<https://mall.industry.siemens.com/mall/de/ww/Catalog/Product/?mlfb=6EP3436-7SB00-3AX0&SiepCountryCode=WW>

[13] 2s7/12002

<https://mall.industry.siemens.com/mall/fr/dz/Catalog/Product/?mlfb=6AG1222-1BH32-4XB0&SiepCountryCode=dz>

[14]2s7/15002

<https://mall.industry.siemens.com/mall/fr/dz/Catalog/Product/?mlfb=6AG1518-4AP00-4AB0&SiepCountryCode=dz>

[15]2IPC2

<https://mall.industry.siemens.com/mall/fr/dz/Catalog/Product/?mlfb=6AG4114-3....-...&SiepCountryCode=dz>

[16]2OS2

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/516/109746516/att_923913/v1/ps7phosc_fr-FR.pdf

[17]2ET200MP2

<https://mall.industry.siemens.com/mall/fr/dz/Catalog/Product/?mlfb=6ES7155-5AA00-0AA0&SiepCountryCode=dz>

[18]2LOGO2

<https://mall.industry.siemens.com/mall/fr/dz/Catalog/Product/?mlfb=6ED1052-1HB08-0BA2&SiepCountryCode=dz>

[19]2switch2

<https://mall.industry.siemens.com/mall/fr/dz/Catalog/Product/?mlfb=6GK5108-0BA00-2AC2&SiepCountryCode=dz>

[20] variateur de vitesse

<https://mall.industry.siemens.com/mall/fr/dz/Catalog/Product/?mlfb=6SL3246-0BA22-1FA0&SiepCountryCode=dz>

[21] contacteur de puissance

<https://mall.industry.siemens.com/mall/fr/dz/Catalog/Product/?mlfb=3RT2026-1AP00&SiepCountryCode=dz>

[22] Disjoncteur de taille

<https://mall.industry.siemens.com/mall/fr/dz/Catalog/Product/?mlfb=3RV2021-4EA10&SiepCountryCode=dz>

[23] HMI

<https://mall.industry.siemens.com/mall/fr/dz/Catalog/Product/?mlfb=6AV2124-0GC01-0AX0&SiepCountryCode=dz>

[24] Definition NAFTAL enterprise

<https://www.naftal.dz/fr/index.php/a-propos-de-naftal>