



HAL
open science

Réalisation d'un système automatisé pour l'unité de traitement et de récupération MEG Projet Jangkrik

Sylvain Rubicone

► **To cite this version:**

Sylvain Rubicone. Réalisation d'un système automatisé pour l'unité de traitement et de récupération MEG Projet Jangkrik. Automatique / Robotique. 2016. dumas-01791766

HAL Id: dumas-01791766

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01791766>

Submitted on 14 May 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS
- PARIS -

MÉMOIRE

présenté en vue d'obtenir le

DIPLÔME D'INGÉNIEUR CNAM
SPÉCIALITÉ : SYSTÈMES AUTOMATISÉS

par

Sylvain RUBICONE

**Réalisation d'un système automatisé pour
l'unité de traitement et de récupération MEG**
Projet Jangkrik

Soutenu le 01/07/2016

Jury

Président :

M. Henri Bourlès

Professeur titulaire de chaire, CNAM Paris

Membres :

M. Tarek Raïssi

Professeur des universités, CNAM Paris

M. Hervé Guillard

Maître de Conférences, CNAM Paris

M. Bertrand Ghyselen

Ingénieur systèmes, Techma SA

M. Nishan Rajaratnam

Ingénieur systèmes, Techma SA

Remerciements

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma reconnaissance.

Je voudrais tout d'abord adresser toute ma gratitude à mon maître de mémoire, Henri Bourlès, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

Je souhaite aussi exprimer ces remerciements envers les amis et collègues qui m'ont apporté leur soutien moral et intellectuel tout au long de ma démarche.

Enfin, je souhaite exprimer toute ma reconnaissance envers ma femme pour ces années passées à étudier en cours du soir et qui m'a toujours soutenu ainsi qu'à mes enfants auxquels je dédicace ce mémoire.

Table des matières

I	Le projet dans ses grandes lignes	1
1	Jangkrik Complex Development	2
1.1	Les enjeux économiques	2
1.2	Exploration, découvertes, géologie et réserves	2
1.3	Développement de Jangkrik Complex	3
1.4	Contracteurs impliqués dans le projet	3
2	L'unité de régénération et de récupération MEG	5
2.1	Les caractéristiques du MEG	5
2.1.1	La déshydratation	6
2.1.2	Les hydrates	8
2.1.3	Les inhibiteurs d'hydrates dans le gaz	10
2.1.4	Principes de fonctionnement d'une unité de traitement de récupération MEG	11
II	Appel d'offre pour la réalisation du système	14
3	Le cahier des charges	15
3.1	Les contraintes techniques	17
3.1.1	Les documents de spécification du client final	17
3.1.2	La RFQ	22
3.1.3	Les P&ID	26
3.1.4	Les schémas d'interconnexion	28
3.2	Compréhension des besoins	29
4	Formalisation de l'appel d'offre	38
4.1	Réunion de clarification technique	40

4.2	Cycle de la réalisation d'un appel d'offre	42
III	Réalisation du projet	44
5	Composition de l'équipe projet	45
5.1	Revue de contrat	46
5.2	Procédure d'organisation et structure	48
5.2.1	Audits pour la réalisation forfaitaire	50
6	Réunion de lancement du projet (KOM)	51
6.1	Les participants et leurs fonctions	51
6.2	Les points évoqués	53
6.3	Etablissement du planning projet	54
7	Développement du projet	57
7.1	Management de l'équipe projet	57
7.2	La documentation	58
7.2.1	Les documents contractuels	58
7.2.2	Circuit de vie d'un document contractuel	60
7.3	Partie hardware	64
7.3.1	Distribution électrique	64
7.3.2	Les règles de ségrégation	66
7.3.3	Equipements à intégrer	66
7.3.4	Conception des schémas pour les signaux et réseaux de communication	67
7.4	Partie software	68
7.4.1	Développement du programme automate	69
7.4.2	Réalisation de la partie fonctionnelle du MEG	71
7.4.3	Développement de la supervision	72
7.4.4	Mise en oeuvre de la communication	75
7.5	Tests internes	77
7.6	Réception usine	78
7.7	Expédition	79
7.8	Avenants	80

TABLE DES MATIÈRES

Conclusion	82
Annexes	84
A Planning projet	84
B Calculs des consommateurs électriques	86
C Calculs de la dissipation de calorifique	88
D Supplier Documentation List Register	90
E Extrait du réseau de terre	92
F Extrait des schémas de câblage - AI partie PCS	94
G Extrait des schémas de câblage - AI partie ESD	96
H Extrait des schémas de câblage - Réseau Profibus	98
I Extrait des schémas de câblage - Réseau HART	100
J Extrait des schémas de câblage - Réseaux Modbus	102
K Vues PFD découpées 1/2	104
L Vues PFD découpées 2/2	106
M Extrait de l'analyse fonctionnelle	108
N Extrait de la liste d'entrées-sorties	110
O Extrait de la matrice des causes et effets	112
P Extrait vue IHM - Rich MEG flash Drum	114
Q Extrait de la table d'échange modbus	116
R Feuille test pendant FAT	118
S Feuille d'anomalie pendant FAT	120

Bibliographie **122**

Glossaire **126**

Liste des tableaux

3.1	Description d'un schéma P&ID	27
3.2	Description d'un schéma d'interconnexion	28
3.3	Types de câbles utilisés pour les signaux	29
3.4	Description de la liste E/S	31
3.5	Types de démarrages des pompes	32
5.1	Types d'audits réalisés pendant le projet	50
6.1	Interlocuteurs présents au KOM	51
6.2	Rôles des interlocuteurs sur le projet	52
7.1	Distribution électrique dans le système	64
7.2	Types de faceplate et symboles développés	72
7.3	Description faceplate des pompes	73
7.4	Niveaux d'accès faceplate des pompes	73
7.5	Description faceplate régulateur PID	75
7.6	Niveaux d'accès faceplate régulateur PID	75
7.7	Tests internes - Hardware hors tension	77
7.8	Tests internes - Hardware sous tension	77
7.9	Tests internes - Software	78

Table des figures

2.1	MEG projet Jangkrik	6
2.2	Symbol moléculaire des hydrates	6
2.3	Module de récupération MEG, plateforme en mer, USA	7
2.4	Bloc d'hydrates accumulé dans un tuyau	8
2.5	Schéma de fonctionnement du MEG	12
3.1	Schéma d'architecture du PAMS	20
3.2	Schéma type de communication en modbus RS485	21
3.3	Vue d'un schéma P&ID	26
3.4	Schéma d'interconnexion	28
3.5	Types de câbles pour les signaux numériques et analogiques	29
3.6	Extrait de la liste d'entrées/sorties	30
3.7	Diagramme des blocs moteurs	32
3.8	Récapitulatif du nombre estimé d'E/S total	33
3.9	Principe du signal HART	34
3.10	Intégration du HART dans le MRU PLC	34
3.11	Réseau d'architecture HART global	35
3.12	Schéma d'architecture du système MRU PLC	36
4.1	Schémas préliminaires d'implantation du MRU PLC	39
4.2	Extrait des clarifications techniques exposées en phase d'appel d'offre	41
4.3	Processus d'un appel d'offre 1/2	42
4.4	Processus d'un appel d'offre 2/2	43
5.1	Processus de management des ressources	45
5.2	Organigramme de projet	49
7.1	Cycle de vie d'un document contractuel	63

TABLE DES FIGURES

7.2	Principe de la distribution électrique dans le système	65
7.3	Typique moteur dans programme API	70
7.4	Typique régulateur PID dans programme API	70
7.5	Typique bloc analogique dans programme API	71
7.6	Typique de vanne dans programme API	71
7.7	Faceplate d'une pompe	73
7.8	Faceplate d'un régulateur PID	74
7.9	Photos caisses armoires emballées	80

Abréviations

<i>AI</i>	Analogue Input
<i>AO</i>	Analogue Output
<i>API</i>	Automate Programmable Industriel
<i>ATEX</i>	ATmosphères EXplosives
<i>CCR</i>	Central Control Room
<i>CEI</i>	Commission Électrotechnique Internationale
<i>DCS</i>	Distributed Control System
<i>DI</i>	Digital Input
<i>DO</i>	Digital Output
<i>E/S</i>	Entrées/Sorties
<i>EPC</i>	Engineering Procurement Contruction
<i>EPCI</i>	Engineering Procurement Contruction and Installation
<i>ESD</i>	Emergency ShutDown
<i>EWS</i>	Engineeing WorkStation
<i>F&G</i>	Feu & Gas
<i>FAT</i>	Factory Acceptance Tests
<i>FCA</i>	Free CArrier
<i>FLET</i>	FlowLine End Termination
<i>FPU</i>	Floating Production Unit
<i>GPL</i>	Gaz de Pétrole Liquéfié

ABRÉVIATIONS

<i>HART</i>	Highway Addressable Remote Transducer
<i>HSE</i>	Hygiène Sécurité Environnement
<i>I/O</i>	Input/Output
<i>iFAT</i>	integrated Factory Acceptance Tests
<i>IME</i>	Instrument Measurement Earth
<i>IPE</i>	Instrument Protective Earth
<i>ISA</i>	Instrumentation Symbols and Identification
<i>ITR</i>	Instrument Technical Room
<i>JKK</i>	Jangkrik
<i>JNE</i>	Jangkrik North-Est
<i>KOM</i>	Kick-Off Meeting
<i>LCV</i>	Level Control Valve
<i>LI</i>	Level Indicator
<i>LQ</i>	Living Quarter
<i>LSZH</i>	Low Smoke Zero Halogen
<i>MEG</i>	Monoéthylène Glycol
<i>MRU</i>	MEG Recovery Unit
<i>NUPS</i>	Non-Uninterruptible Power Supply
<i>P&ID</i>	Pipping & Instrumentation Diagram
<i>PAMS</i>	Plant Asset Management System
<i>PCS</i>	Process Control System
<i>PFD</i>	Process Flow Diragram
<i>pH</i>	Potentiel Hydrogène
<i>PID</i>	Proportionnelle Intégrale Dérivée
<i>PLC</i>	Process Logic Controller

<i>POD</i>	Plan Of Development
<i>RAL</i>	Reichsausschuß für Lieferbedingungen
<i>RFQ</i>	Requisition For Quotation
<i>SDLR</i>	Supplier Document List Register
<i>SDV</i>	ShutDown Valve
<i>SIL</i>	Safety Integrity Level
<i>SNCC</i>	Système Numérique de Contrôle-Commande
<i>SSIV</i>	SubSea Isolation Valve
<i>TEG</i>	Triéthylène Glycol
<i>TUV</i>	Technischer Überwachungsverein
<i>UPS</i>	Uninterruptible Power Supply
<i>VDB</i>	Vendor Data Book

Introduction

Une plateforme pétrolière est une unité permettant d'extraire, produire ou stocker le pétrole et/ou le gaz situés en haute mer à des profondeurs parfois très importantes.

Elle supporte principalement les dispositifs nécessaires pour la phase de forage ou d'extraction et permet parfois de transformer le pétrole, le gaz ou les condensats de gaz naturel extraits, de façon à ce qu'ils soient plus faciles à transporter et à exporter.

On dénombre aujourd'hui plus de 15,000 plateformes offshore actives réparties sur les cinq (5) continents. Le coût d'une plateforme fixe ou flottante va de 200 millions à plusieurs milliards de dollars.

Au-delà de ces coûts fixes, l'exploitation d'une telle infrastructure représente des enjeux politiques et économiques importants, une partie de la production étant destinée au marché local, elle contribue favorablement à l'expansion du pays hôte.

La création d'une nouvelle plateforme offshore soulève plusieurs problématiques et notamment :

- Les délais restreints pour la livraison (ingénierie, achat, construction, installation. . .) et la mise en production
- La formation des hydrates pendant l'extraction du gaz par grand fond qui peut engendrer des dégâts matériels et des arrêts de production
- Le respect des normes environnementales (recyclage des déchets et traitement des condensats à terre)

Ce mémoire est composé de trois (3) parties distinctes :

Partie 1 : Le projet dans ses grandes lignes

Cette première partie permet d'appréhender le contexte et les enjeux du projet dans sa globalité en évoquant le développement des champs de gaz offshore et les retombées économiques associées.

La découverte des champs de gaz dans les couches géologiques opérée par les entreprises ENI / GDF SUEZ a permis d'évaluer la capacité potentielle des réserves et ainsi de décider de procéder à la création d'une nouvelle plateforme offshore.

Le projet Jangkrik regroupe le reconditionnement de puits existants, le forage de nouveaux puits ainsi qu'une nouvelle plateforme flottante de production de type FPU.

La réalisation des études d'ingénierie, achat, construction et installation pour la plateforme flottante est opérée par le consortium Hyundai Heavy Industrie (HHI), SAIPEM, Tripata Engineers & Constructors et Chiyoda. D'autres contrats d'ingénierie sont confiés pour la livraison des têtes de puits sous-marines, collecteurs de gaz, vannes de coupure et d'isolation des puits...

La formation des hydrates en eau profonde lors de l'extraction du gaz crée certains dysfonctionnements pouvant bloquer et arrêter l'unité de production. Pour pallier à ce problème, il est nécessaire de réduire la teneur en eau du gaz naturel au moyen de techniques et de traitements appropriées pour permettre cette déshydratation.

À travers différentes techniques utilisées, la solution reconnue à ce jour pour son rendement ainsi que sa fiabilité est l'unité de traitement et de récupération MEG. En effet, cette technique permet de garantir un débit d'extraction constant et élevé par grandes profondeurs.

Partie 2 : Appel d'offre pour la réalisation du système

La seconde partie traite de la réponse à l'appel d'offre pour la réalisation du système nécessaire à la conduite de l'unité de traitement et de récupération MEG.

Avant de rédiger une offre technique et commerciale, il est nécessaire de prendre en considération les documents d'entrée afin de connaître les contraintes et l'envi-

ronnement de l'installation et ainsi proposer une offre sur mesure et adaptée.

Dans le cadre du projet Jangkrik, l'offre technique et commerciale doit respecter les exigences du cahier des charges incluant l'ensemble des contraintes techniques faisant référence aux normes et standards applicables, les documents de spécifications techniques, la réquisition et les bonnes pratiques d'ingénierie.

Pour permettre un dimensionnement correct de l'installation il est nécessaire d'avoir une bonne appréhension de l'ensemble des équipements nécessaires au pilotage de cette installation et d'étudier les documents d'ingénierie tels que les schémas de tuyauterie et d'instrument. Ces documents nous permettent notamment d'identifier les types de signaux et leur incidence sur le système et de reconnaître les différents signaux venant du terrain vers le système à concevoir.

La prise en compte de l'ensemble des documents d'entrée permet de rédiger l'aspect technique de la réponse à l'appel d'offre, de déterminer l'ensemble des signaux nécessaires pour le dimensionnement de l'automate, et d'effectuer une demande de devis auprès du fournisseur de système (SIEMENS) et des fournisseurs de matériels électriques et établir l'offre commerciale.

Lors de la formalisation de l'appel d'offre, chaque points et contraintes techniques relevés au cours de l'étude seront mentionnés. L'offre retranscrira en détail les besoins du client pour la réalisation du système automatisé tels que les vues préliminaires d'implantation des équipements dans les armoires, la liste complète des équipements, l'architecture réseau du système, les documents contractuels à fournir, les jours de réception usine ainsi que les modalités d'expédition vers l'Indonésie.

Certains points techniques bloquant nécessitant des validations auprès du client sont évoqués lors de la réunion de clarification technique afin de transmettre une offre technique et commerciale ajustée.

Partie 3 : Réalisation du projet

Cette troisième et dernière partie s'articule autour de la mise en œuvre du projet pour la réalisation du système automatisé pour l'unité de traitement et de récupération MEG.

Afin de garantir le bon déroulement des différentes phases de conception, l'une des premières étapes du projet consiste à identifier les ressources et compétences nécessaires et de mettre en place une équipe projet dans laquelle chacun des intervenants connaît parfaitement son rôle et ses missions, les délais impartis pour la livraison et reporte régulièrement à un chef de projet.

Pour s'assurer d'une livraison dans les délais impartis, le chef de projet établit préalablement un planning et définit les tâches par ordre de priorité.

Dans le cadre du projet Jangkrik la partie technique du projet est assurée par deux (2) spécialistes (hardware et software) qui se basent sur les documents d'entrées fournis par le client pour réaliser la conception des armoires et le développement du programme automate.

Le chef de projet s'assure du bon déroulement du projet en suivant constamment l'évolution des tâches en cours et en réagissant immédiatement lorsque le projet rencontre des points bloquants. Il s'assure également de l'avancée du montage en atelier.

La rédaction, l'émission et les modifications sur les documents contractuels sont également inclus dans le périmètre d'action du chef de projet, les spécialistes pouvant ainsi se concentrer entièrement sur le développement du projet.

À l'achèvement du développement du programme automate et de l'achèvement du montage des armoires système, des vérifications internes sont effectuées par les spécialistes et consignées dans un registre qualité mis à disposition pour le projet, la moindre discordance ou défaut constaté étant systématiquement corrigé.

Les tests d'acceptation usine sont effectués afin de tester toutes les fonctionnalités qu'offre le système et de s'assurer que les exigences du cahier des charges sont

INTRODUCTION

correctement respectées. Les vérifications et mise sous tension des armoires sont alors effectuées, le fonctionnement process du système est vérifié en rapport avec l'analyse fonctionnelle et la matrice de causes et effets.

À l'issue de ces tests, un certificat d'acceptation des tests usine est alors signé entre toutes les parties prenantes du projet permettant ainsi, la libération et l'expédition des armoires en Indonésie afin qu'elles soient intégrées dans le FPU Jangkrik.

Première partie

Le projet dans ses grandes lignes

Chapitre 1

Jangkrik Complex Development

Ce chapitre traite de l'aspect général du projet et apporte les données-clés ainsi que le plan de phase de développement du champs de gaz offshore de Jangkrik soumis au ministère indonésien par le consortium ENGIE et ENI.

1.1 Les enjeux économiques

Jangkrik Complex Development implique le développement commun des champs Jangkrik (JKK) et Jangkrik du Nord-est (JNE) situés sur le bloc « Muara Bakau » à approximativement 200 km au large de la côte du détroit de Makassar en Indonésie, opérant à une profondeur entre 200 m et 500 m. ENI détient 55 % des parts et possède les droits d'exploitation sur le bloc Muara Bakau, tandis que GDF SUEZ détient 45 % des parts restantes. Le développement des deux gisements de gaz est estimé à un coût d'approximativement \$4.13 Mrds. Le plan pour le développement (POD) de Jankrik (JKK) a été approuvé en novembre 2011 et le POD pour Jankrik Nord-est (JNE) a été approuvé en janvier 2013. La mise en production est prévue en 2017 et on s'attend à ce que les champs de gaz produisent 450 Mm³ de gaz/ jour pendant les six (6) premières années et continueront à produire à une capacité inférieure pendant les huit (8) années suivantes. Environ 47 % du produit extrait du champ de gaz offshore indonésien est destiné à la provision domestique et le gaz restant doit être destiné au marché des pays asiatiques voisins.

1.2 Exploration, découvertes, géologie et réserves

ENI a découvert le premier champ de gaz de Jangkrik (JKK) en avril 2009 en effectuant des opérations de forage en mer par 400 m de profondeur. Le puits

1.3. DÉVELOPPEMENT DE JANGKRIK COMPLEX

d'appréciation « Jangkrik-2 » foré à une profondeur totale de 2449 m a été évalué avec succès en juin 2010. Le champ de gaz Jangkrik-2 a produit 17.5 Mm³ de gaz/jour pendant la phase de test en production. Un autre puit a été foré en décembre 2010, à une profondeur d'eau de 416 m dont la profondeur totale est de 2849 m. Le champ Jangkrik Nord-Est (JNE) a été découvert en juillet 2011 en forant à une profondeur d'eau de 460 m sur une profondeur totale est de 3633 m. Le puit a produit 30.6 Mm³ de gaz/jour pendant la phase de test en production. Les réserves de gaz de Jangkrik (JKK) sont localisées dans les couches géologiques datant de l'ère du pliocène, tandis que celles de Jangkrik Nord-Est (JNE) sont localisées dans des couches pouvant dater de l'ère du miocène.

1.3 Développement de Jangkrik Complex

Le développement de « Jangkrik Complex » en eau profonde implique principalement le reconditionnement sur quelques puits existants, forage de nouveaux puits de production et l'installation d'une nouvelle unité de production flottante type FPU avec une capacité de traitement de 450 Mm³ gaz/jour ainsi que des condenseurs. Le FPU sera raccordé sur le pipeline Kalimantan-Est, qui transmettra le gaz produit vers la centrale LNG de Bontag et pour le marché local où le gaz sera liquéfié et les condensats seront transmis au Terminal Senipah.

1.4 Contracteurs impliqués dans le projet

Un contrat d'\$1.1Mrds est remporté pour l'ingénierie, achat, construction et installation (EPCI) du FPU par un consortium entre Hyundai Heavy Industrie (HHI), SAIPEM, Tripata Engineers & Constructors et Chiyoda. Le topside sera fabriqué sur le yard de SAIPEM basé sur l'île Karimun et la coque sera fabriquée sur le yard d'HHI situé à Ulsan en Corée du Sud. Un contrat de \$720 M est remporté par la société FMC Technologies en février 2014 pour la provision des systèmes sous-marins y compris les têtes de puits, les collecteurs de gaz, les ombilicaux, outils et systèmes de contrôle complémentaires pour les parties topside et sous-marines. Technip a remporté un contrat d'EPCI pour la fourniture de 36 km de colonnes montantes flexibles et de lignes de production avec le diamètre de 4-14" (pouces) et 195 km de pipeline avec le diamètre de 4-24" (pouces), et l'équipement sous-marin incluant l'équipement

de support des ombilicaux à mi- profondeur mid-water arch et la terminaison des conduites d'écoulement (FLET). Les navires « G1201 » et « Deep Orient » effectueront les travaux d'installation. Technip a pour mission de fournir et installer 51 km d'ombilicaux, cinq (5) collecteurs, sept (7) vannes d'isolement sous-marines (SSIV), des structures sous-marines et des connecteurs de câbles volants associés. Un contrat d'EPC a aussi été attribué à l'entreprise pour la réception des installations à terre, qui comprendront des équipements tels que des racleurs et des appareils de mesure.

Chapitre 2

L'unité de régénération et de récupération MEG

Ce chapitre présente et détaille le fonctionnement de l'unité de régénération et de récupération (MEG) fournie par la société Prosernat qui permet d'enlever les contaminants dans le glycol avec une très haute efficacité de la récupération du (MEG) tout en minimisant les effluents.

2.1 Les caractéristiques du MEG

La société d'ingénierie Prosernat est chargée de fournir un module nommé « MEG regeneration and reclaiming module » qui permet la déshydratation du gaz extrait vers le FPU. Ce module est sur trois (3) niveaux et possède des dimensions de $17\text{ m} \times 11\text{ m} \times 20\text{ m}$ (L×l×h) pour un poids d'environ 1000 t dont les données de production sont les suivantes :

- Alimentation en MEG riche (Rich MEG feed) : $11\text{ m}^3/\text{h}$
- Retrait des sédiments : $80\text{ m}^3/\text{h}$
- Rendement du MEG : 99,5 %

Le principe de fonctionnement consiste en l'injection de grande quantité de Monoéthylène Glycol à la tête du puits qui a pour effet de prévenir la formation d'hydrates et d'assurer ainsi, un débit constant permanent.

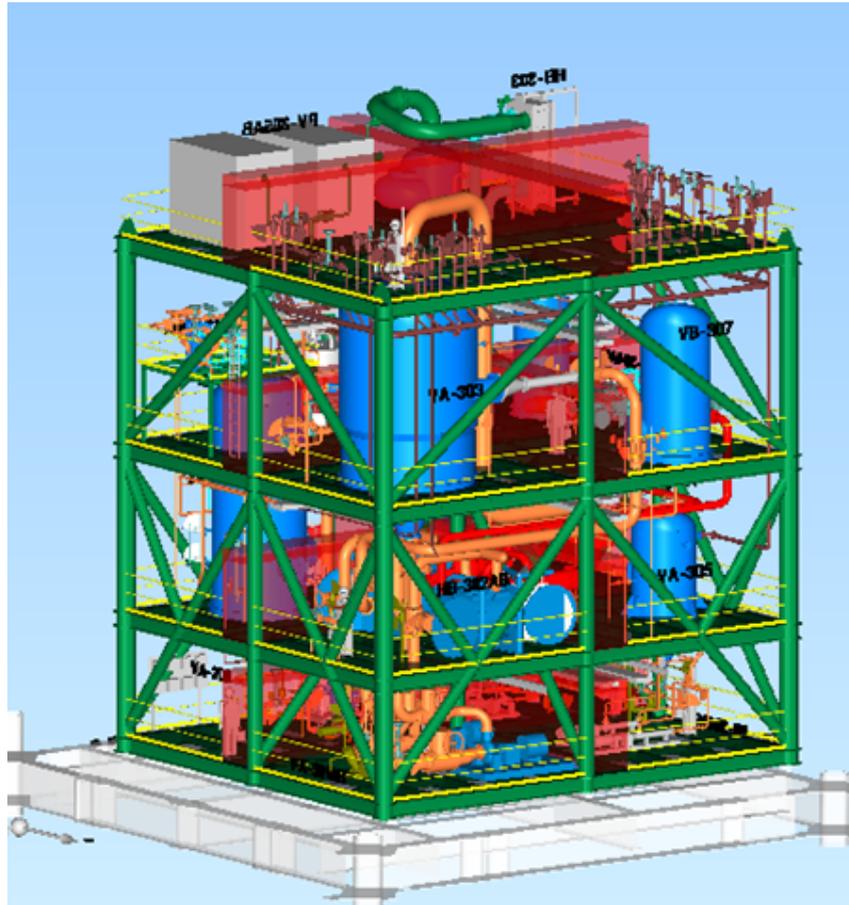


FIGURE 2.1 – MEG projet Jangkrik

2.1.1 La déshydratation

La présence d'eau entraîne différents problèmes pour les exploitants. En effet, suivant les conditions de température et de pression qui règnent dans une installation, la vapeur d'eau peut condenser et provoquer la formation d'hydrates (voir figure 2.2, ci-dessous page 6), se solidifier ou favoriser la corrosion si le gaz contient des acides.

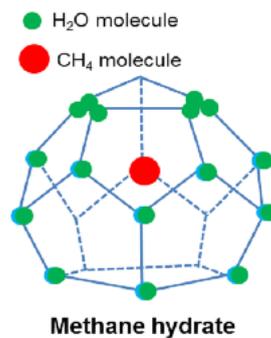


FIGURE 2.2 – Symbol moléculaire des hydrates

2.1. LES CARACTÉRISTIQUES DU MEG

Pour éviter ces phénomènes, il est nécessaire de réduire la teneur en eau du gaz naturel au moyen de techniques de traitement appropriées. La déshydratation du gaz naturel est réalisée par différents types de procédés : adsorption, absorption, perméation gazeuse [Mahdi 2012]. L'objectif de la déshydratation [TOTAL 2007] est de :

- Eliminer la vapeur d'eau du gaz
- Eviter la corrosion des équipements surtout si le gaz de séparation contient du CO_2 car $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{CO}_3$ (Acide carbonique) (qui n'existe qu'en solution sous forme ionique)
- Supprimer le risque d'arrivées de gouttelettes dans les rotors des compresseurs centrifuges
- Diminuer les pertes de charges dans les pipelines & l'accumulation d'eau libre
- Permettre les traitements en aval tel que dégazolinage & récupération des (GPL)
- Diminuer la charge de travail des sécheurs à tamis moléculaires en amont des turboexpandeurs
- Eviter les problèmes de corrosion des réseaux de gaz lift ou gaz injection



FIGURE 2.3 – Module de récupération MEG, plateforme en mer, USA

2.1.2 Les hydrates

Les hydrates de gaz sont des cristaux de gaz naturel dont la structure moléculaire est en forme de cage contenant une molécule de gaz comme le méthane. Celle-ci est formée à partir de l'eau et par le biais de liaisons d'hydrogène. Les cristaux d'hydrate de gaz sont souvent assimilés à des cristaux de glace de par leur ressemblance.



FIGURE 2.4 – Bloc d'hydrates accumulé dans un tuyau

Ce phénomène de formation d'hydrates constitue le problème majeur dans la production et le transport du gaz naturel. Il y a formation d'hydrates lorsque les conditions suivantes sont simultanément réalisées :

- Présence d'eau liquide : Un gaz naturel saturé ou non en eau ne donne pas lieu à la formation d'hydrates. Celle-ci ne peut intervenir qu'en présence d'eau liquide par exemple libérée par le gaz au cours d'un changement des conditions de pression ou de température
- Présence d'hydrocarbures légers : Seuls les quatre premiers hydrocarbures (méthane, éthane, propane, butane) sont susceptibles de former des hydrates en présence d'eau liquide. D'autres corps tels que le gaz carbonique ou l'hydrogène sulfuré peuvent également former des hydrates avec l'eau.
- Réalisation de certaines conditions de température et de pression : En plus des conditions précédentes, pour que des hydrates puissent se former, il faut pour un gaz donné que la pression soit suffisamment élevée et la température

2.1. LES CARACTÉRISTIQUES DU MEG

suffisamment basse.

La formation des hydrates est favorisée par un certain nombre de facteurs :

- Tourbillons
- Vitesse du gaz
- Coude, orifice, changement de flux
- Phénomène auto amplifié
- Haute pression
- Basse température

Le début de formation d'un bouchon d'hydrates augmente la perte de charge dans la conduite, donc crée une détente supplémentaire du gaz, ce qui a pour effet de le refroidir et donc d'entretenir et d'accélérer la formation des hydrates. Les dépôts d'eau par condensation dans les conduites ou les entraînements d'eau libre de gisement peuvent engendrer de fortes pertes de charge avec des risques d'érosion et de « coup de bélier » des bouchons liquides. Les problèmes de transport liés à la présence d'eau dans le gaz sont les suivants :

- L'eau libre (sous forme liquide) est responsable de la plupart des formes de corrosion lorsqu'elle est associée à des gaz acides (CO_2) ou à des sels tels que les carbonates de calcium (CaCO_3).
- Risques de formation d'hydrates

Chaque gaz naturel a son propre domaine de formation d'hydrate qui est fonction :

- de la densité du gaz par rapport à l'air (méthode de KATZ) [Katz 1945]
- de sa composition et des facteurs d'équilibres solides vapeur à P et T pour les méthodes les plus précises (méthode de CARSON et KATZ) [Carson 1942]

Dans le cas du bouchage d'une tuyauterie par des hydrates, l'adhérence aux parois et la dureté du bloc d'hydrates est telle qu'aucun moyen mécanique normal de débouchage ne peut être mis en œuvre.

2.1.3 Les inhibiteurs d'hydrates dans le gaz

La formation d'hydrates sur les lignes de raccordement de gaz naturel par grande profondeur d'eau a été traditionnellement inhibée par l'injection de Triéthylène Glycol (TEG) ou par du Méthanol dans les collecteurs sous-marins. Malheureusement, le gel du TEG sur les collecteurs et la faible récupération du Méthanol représentaient des inconvénients importants nécessitant l'utilisation de nouveaux moyens d'inhibition des hydrates dans le gaz. L'entreprise CCR Technologies Ltd. a proposé l'utilisation du Monoéthylène Glycol (MEG) comme nouveau moyen d'inhibition des hydrates dans le gaz assurant un débit d'extraction garanti par grande profondeur contrairement aux inhibiteurs précédemment évoqués tels que le TEG et le Méthanol. CCR a développé et livré la première unité de récupération MEG (MRU) en 1999 pour le projet « Mensa WD-134 » en offshore du géant pétrolier Shell dans le golfe du Mexique, USA qui était le champ de gaz le plus profond du monde. [Esquier 2014]

Cette modalité d'extraction garantit un haut niveau de disponibilité entre l'extraction du gaz venant des puits vers l'unité de traitement et de production à la surface. L'injection d'éthylène glycol « léger » (Lean Glycol) est nécessaire pour assurer cette garantie de débits à l'extraction des puits sous-marins. Il est crucial de bien comprendre que la longévité d'une installation dépend de sa configuration et par conséquent, de ces besoins en glycol. Une unité de récupération MEG peut être configurée de différentes manières et peut inclure plusieurs étapes telles que le prétraitement, la régénération, ainsi que la récupération.

Un accord a été signé entre les sociétés CCR Technologies Ltd. et Prosernat afin que Prosernat soit le bailleur de licence exclusif du (MEG) dont les technologies développées et propriétés sont brevetées by CCR Technologies Ltd.

2.1.4 Principes de fonctionnement d'une unité de traitement de récupération MEG

Le « Rich MEG » représente la partie amont du (MEG) et alimente le circuit par l'intermédiaire de la vanne de niveau régulée. Cette vanne réduit la pression du « Rich MEG », permettant à certains hydrocarbures dissous d'être vaporisés en dehors du (MEG). Un temps suffisant de stagnation du produit est inclus dans le design de la cuve du « Rich MEG » et trois (3) flux produits sortent de la cuve. Les hydrocarbures ainsi que les vapeurs sont dirigés en dehors de l'installation vers des unités de traitement appropriées comme les torches basses pression ou bien d'autres systèmes d'évacuation d'hydrocarbures. La solution (pH) ajustée dans le « Rich MEG » est ensuite dirigée dans le « Reclaimer Flash Drum ».

Les vapeurs emmagasinées dans le « Reclaimer Flash Drum » sont dirigées dans le « MEG Still Column ». Ces deux (2) cuves opèrent en pression sub-atmosphérique. Ceci permet à la mixture (MEG/eau) d'entrer dans la cuve sous forme de vapeur à température suffisamment basse de manière à ne pas dégrader le MEG ($\approx 165^\circ\text{C}$). L'eau et le MEG se vaporisent laissant le sel et les autres corps solides se concentrer sous forme de boue dans le « Reclaimer Flash Drum ».

L'ensemble MEG/H₂O/boues est acheminé par la pompe de circulation en aval de la cuve « Reclaimer Flash Drum » à travers le circuit de chauffe horizontal appelé « Reclaimer Circulation Heater ».

L'ébullition de ces boues circulant à travers le « Reclaimer Circulation Heater » est redoutée car elles risquent de provoquer un encrassement rapide du circuit de chauffe en solidifiant. Par conséquent, l'ébullition est délibérément évitée en imposant un retour de pression sur le circuit de chauffe par des équipements spécifiques. De plus, la vitesse de circulation est maintenue à travers le circuit de chauffe afin de diminuer la montée en température de boues, la température du revêtement à l'intérieur de l'échangeur et le temps d'exposition des boues avec la convection naturelle des surfaces. L'utilisation de ces techniques supprime en partie l'encrassement potentiel des surfaces du circuit de chauffe et ce, même en présence de cations divalents.

CHAPITRE 2. L'UNITÉ DE RÉGÉNÉRATION ET DE RÉCUPÉRATION MEG

En entrant dans la cuve du « Reclaimer Flash », l'eau ainsi que le MEG contenus dans les boues sont vaporisés et circulent vers le haut de la cuve pendant que les gouttelettes résiduelles de la solution MEG/H₂O/boues tombent dans le réservoir de liquides à la base de la cuve. En conséquence, la concentration de sel et des solides augmente donc dans la cuve.

Afin de maintenir un niveau acceptable de solides dans la boucle de circulation, une partie de la solution MEG/H₂O/boues s'écoulant par la boucle de recirculation est redirigée vers la zone de traitement des solides. Une purge continue de ces boues est pompée vers une unité de traitement et réacheminée vers le « reclaimer » maintenant ainsi, un flux continu assurant que les solides ne stagnent pas dans les circuits permettant l'acheminement vers l'unité de traitement pendant la phase de « low-flow » (faible débit). De cette manière, le circuit de recirculation peut être maintenu, libéré de ces boues et autres solides, avec une maîtrise rigoureuse assurant des conditions de fonctionnement optimales.

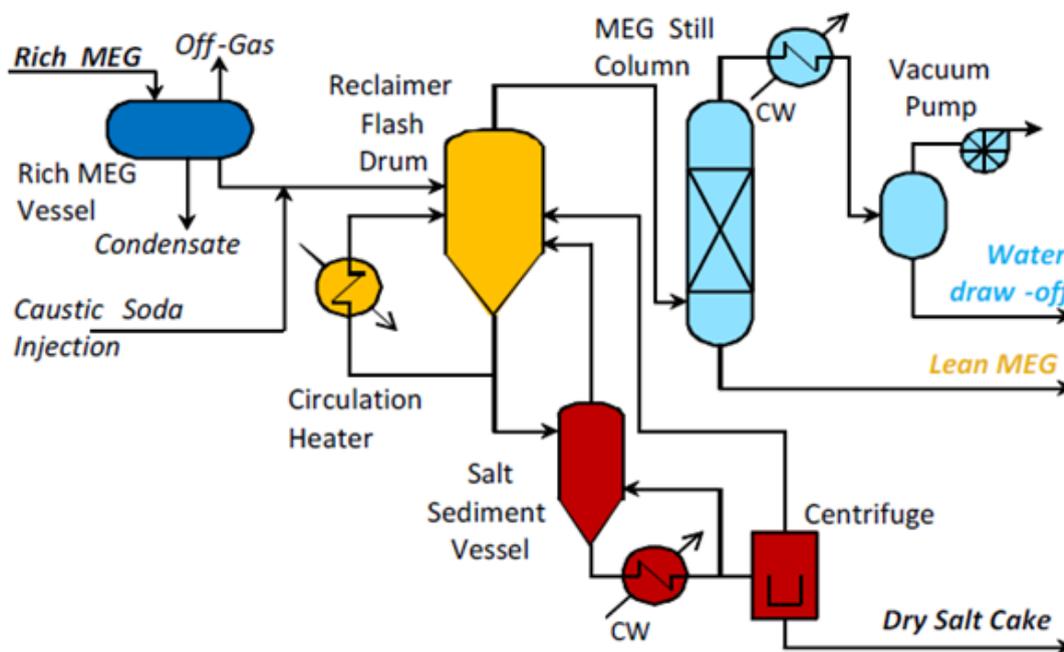


FIGURE 2.5 – Schéma de fonctionnement du MEG

L'objectif du réservoir de sédiment appelé « Salt Sediment Vessel » consiste dans un temps suffisant à filtrer la solution composée de liquides et de sédiments. Le refroidissement des boues est réalisé en circuit fermé par le refroidisseur situé en

2.1. LES CARACTÉRISTIQUES DU MEG

aval du réservoir. Lorsque le niveau du réservoir de sédiment contient suffisamment de solides (défini par le process), une partie est dirigée en dehors du MEG pour être retirée et traitée.

Les vapeurs sortant de la cuve « Reclaimer Flash » se déplacent vers le haut à travers une partie compacte dans le « MEG Still Column ». Ces vapeurs entrent en contact à contre-courant avec le reflux d'eau qui est injecté par le haut de la colonne. Un flux de vapeur d'eau sort à travers le haut du « MEG Still Column ».

Les vapeurs sortant du haut du « MEG Still Column » sont stockées dans le condenseur. L'eau condensée entre alors dans le ballon de reflux du « MEG Still Column » où l'eau sous forme liquide est séparée de toute vapeur non-condensable et pompée via les pompes de reflux soit en étant redirigée vers la tour comme reflux ou, en dehors de l'installation vers le puisard d'eau (Water Draw-Off).

La mise sous-vide du récupérateur est générée par des pompes dédiées. Les vapeurs dites non-condensables sont extraites via les pompes sous-vides. Le flux de gaz d'échappement sortant des pompes sous-vides peut être livré vers la torche basse pression ou à l'évent si nécessaire.

Deuxième partie

Appel d'offre pour le réalisation du système

Chapitre 3

Le cahier des charges

L'appel d'offre est rédigé suite à une demande de la société Prosernat auprès de Techma pour l'établissement d'une offre technique et commerciale qui consiste à la réalisation d'un système de contrôle-commande avec supervision pour le (MEG). Les différents documents d'entrée fournis par le client sont nécessaires pour la rédaction de l'offre. Chacun d'entre eux apporte les renseignements nécessaires pour la définition des aspects techniques du système à réaliser tout en tenant compte de la date limite de fourniture imposée par le client final (ENI).

De manière générale, les types de documents fournis par les clients pour une phase de chiffrage sont similaires d'un projet à un autre. Pour la rédaction de l'offre technique et commerciale du projet Jangkrik, les documents d'entrée sont les suivants :

- **LES CONTRAINTES TECHNIQUES :**

- Les documents de spécification établis par le client final.
- RFQ : Ce document chapeau synthétise les différents documents de spécification fournis par le client final (ENI) afin d'apporter les éléments essentiels à la réalisation d'une offre technique et commerciale correspondant aux attentes.

- **LES DOCUMENTS D'INGÉNIERIE :**

- P&ID : Ce diagramme définit tous les éléments d'un procédé industriel. Il est le schéma le plus précis et le plus complet utilisé par les ingénieurs pour la description d'un procédé. On y retrouve chaque instrument et équipement nécessaire au fonctionnement de système

- Schémas d'interconnexion : Ces schémas synthétisent les tenant et aboutissant d'un câble instrument provenant du terrain vers le système automatisé. De ces schémas découle la conception des boîtiers de jonction.
- Schémas des boîtiers de jonction : Ces schémas permettent de connaître l'emplacement de câblage exact d'un signal instrument provenant du terrain.
- **LES CONDITIONS GÉNÉRALES** : Ce document définit les principes de mises en œuvre du contrat remporté par le fournisseur pour l'achat par la société Prosernat :
 - Des études
 - Des équipements et/ou services détaillés dans les conditions particulières de vente.

Ces termes et conditions font intégralement partie de la commande et excluent les termes et conditions du fournisseur, quel qu'en soit la date et le moyen de communication. Ce document intègre les conditions contractuelles suivantes :

- La commande
- L'acceptation de la commande par le fournisseur
- Les modifications potentielles du champ d'exécution sur le projet
- Les modalités pour la demande de sous-traitance par le fournisseur
- Le prix accepté par les deux (2) parties, le principe de facturation pour chaque terme de paiement
- Emballage et livraison du matériel sur site
- L'assurance qualité qui regroupe le respect des délais, des capacités financières de l'entreprise réalisant le projet, les audits afin de constater de la correcte exécution du projet dans le respect des normes de sécurité (HSE) ainsi que les inspections prévues pour la réception du système par les clients
- L'acceptation du système par le client dont le certificat doit être dûment rempli par les parties prenantes du projet
- Les garanties de délai et de performance qui engagent le fournisseur à honorer la fourniture du système dans les délais fixés par le contrat

3.1. LES CONTRAINTES TECHNIQUES

- Les garanties d'intervention par le fournisseur sur site en cas de défaillance du système pour un délai de douze (12) mois

3.1 Les contraintes techniques

La rédaction de l'offre est réalisée suivant les contraintes évoquées dans la RFQ dont sa rédaction découle directement des documents de spécification fournis par le client final au préalable. La lecture et la connaissance de chacun des documents amont de spécification provenant du client final est indispensable afin de s'assurer de la correcte prise en compte des besoins décrits dans la (RFQ).

En cas de conflit documentaire entre la (RFQ) de Prosernat et les documents de spécification d'ENI, la prise en compte de l'information est définie selon l'ordre des priorités ci-dessous (e.g. 1 = Haute, . . . , n = Basse) :

1. Les codes et standards applicables au projet Jangkrik d'après les lois locales et internationales
2. Les documents de spécification du client final ENI / SAIPEM
3. Les caractéristiques techniques du projet
4. La RFQ
5. Les standards et codes définis par ENI Muara Bakau B.V.
6. Les bonnes pratiques d'ingénierie

3.1.1 Les documents de spécification du client final

Ces documents amont rédigés par l'ingénierie ENI/SAIPEM apportent les caractéristiques techniques de construction du MEG suivant les contraintes énoncées. A cet effet, la société Prosernat a pour connaissance le cahier des charges qui englobe les aspects techniques qu'elle doit suivre afin de rédiger à son tour une RFQ qui sera transmise à ses différents fournisseurs. Le détail de chacun de ces documents amont est fourni ci-après :

(a) La liste des codes et standards applicables sur le projet Jangkrik

Ce document apporte la liste des règles, codes et standards devant être pris en considération pour le développement du projet :

- Identification des lois applicables ainsi que leurs interprétations, la connaissance des codes et standards applicables localement et à l'international et les exigences (HSE) définies pour le projet
- Maintient et mise à jour du registre des lois applicables, codes et standards
- Assurer que les exigences relatives aux règles et standards sont comptabilisées pendant la réalisation du projet ainsi que pour les procédures d'exploitation et de surveillance.

Les documents projets transférés par le domaine technique doivent être vérifiés afin de constater que toutes les lois, exigences de la société (ENI), critères et recommandation de conception suivant les normes HSE ont bien été prises en compte et intégrées.

(b) Spécifications techniques pour le MEG

L'objectif de ce document est de couvrir à la fois, les conditions générales et les exigences minimales pour la conception, ingénierie, fourniture, fabrication, assemblage, tests / inspections, emballage, documentation du (MEG).

Le fournisseur doit être complètement responsable de tous les aspects conceptuels, et assurer la conformité avec toutes les exigences applicables, incluant la coordination des responsabilités pour le suivi et contrôle de toutes les activités liées à la sous-traitance.

Le fournisseur est informé du contenu des documents listes dans ces spécifications techniques. Tout conflit entre les documents ou les exigences doivent être remontés à SAIPEM/ENI, pour clarification avant de procéder.

Au-delà des principes et lignes directrices des exigences minimales susmentionnés, Prosernat doit informer ENI/SAIPEM des solutions supplémentaires ou des potentielles probables déviations et justifier des avantages techniques et commerciaux à cet effet.

3.1. LES CONTRAINTES TECHNIQUES

(c) Spécifications générales pour les équipements et instrumentation du package

Ce document ainsi que les documents référencés représentent les exigences minimales pour la conception, sélection du matériel, fabrication, inspection, vérifications, fourniture ainsi que l'assistance à l'installation et au démarrage du système.

(d) Critères de conception électriques

Ce document définit les exigences minimum techniques, critères généraux ainsi que la philosophie à appliquer afin de concevoir un système sur la plateforme (FPU) Jangkrik.

Ces bases liées à la conception doivent être appliquées sur l'ensemble de la barge qui incluent la coque, le quartier vie (LQ), le pont supérieur (topside), l'amarrage ainsi que les exigences électriques pour l'intégration du système sous-marin.

Les critères de conception régissent les principes suivants :

- Sécurité du personnel
- Intégrité des équipements
- Les conditions environnementales sur site
- Réduction des espaces, poids et coût
- Facilité de gestion et de maintenance
- Standardisation et disponibilité des équipements
- Risques de feu et d'explosion

Ce document fait référence aux normes CEI mises en vigueur dont la sélection du matériel proposé doit être en conformité avec les exigences et standards mis en vigueur en Indonésie (Indonesian Statutory Requirements).

(e) Critère de conception automate (API) et instrumentation

L'objectif de ce document est de définir les exigences minimales pour la conception à employer pour l'instrumentation.

Ce document s'applique aux procédés des installations sur le projet Jangkrik dont l'objectif est aussi de décrire et de fournir les exigences nécessaires à la

conception du système automatisé ainsi qu'à la préservation du (FPU).

Le fonctionnement du (FPU) est assuré par des automates dont leurs fonctions d'interaction sont complémentaires :

- Système automatisé distribué DCS
- Système d'arrêt d'urgence ESD
- Système feu et gaz F&G

Chacun de ces automates fonctionne de manière autonome et les informations sont transmises via des réseaux de communication redondants et centralisés dans la salle des opérations (CCR) sur les différents (IHM) est superviseurs dédiés.

(f) Documents techniques additionnels

Le client souhaite que la transmission des signaux soit effectuée en parallèle vers le (PAMS)(voir figure 3.1, ci-dessous page 20) fourni par la société Honeywell.

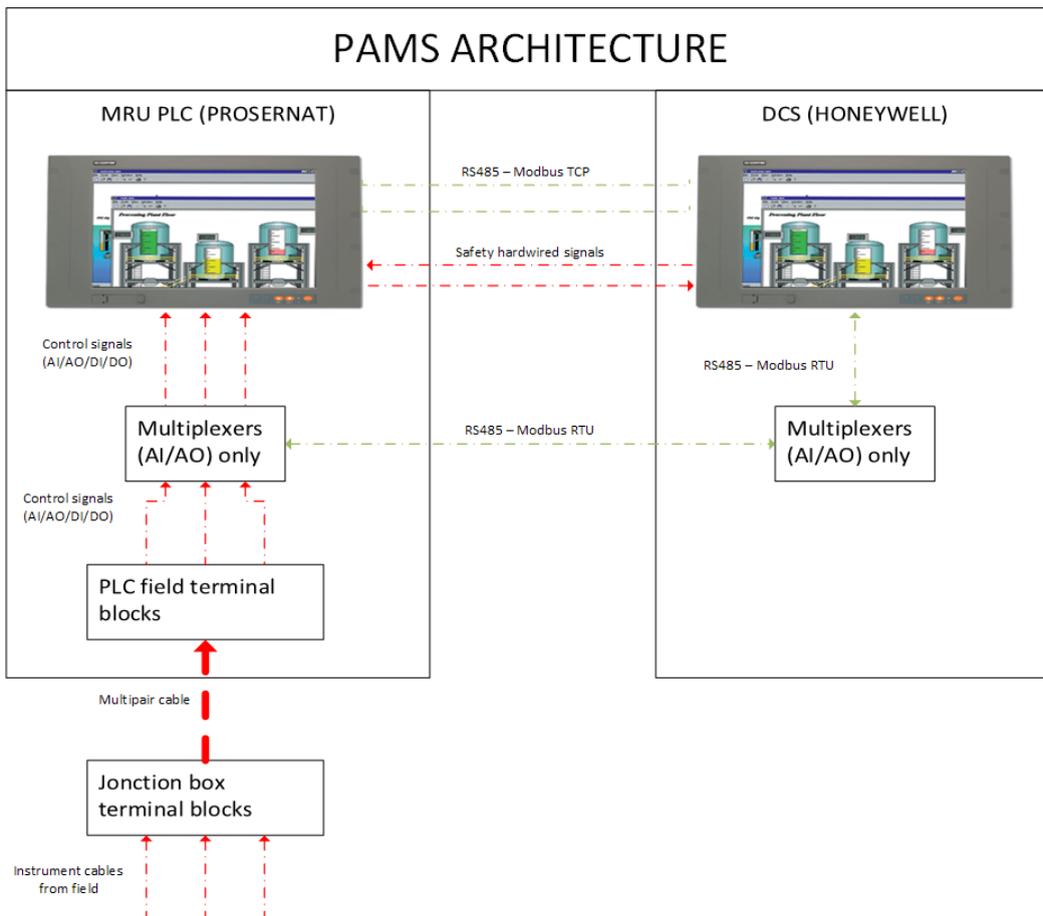


FIGURE 3.1 – Schéma d'architecture du PAMS

3.1. LES CONTRAINTES TECHNIQUES

Chaque signal analogique (AI) / (AO) est raccordé sur un multiplexeur qui a pour rôle de transmettre par trame modbus toutes les informations concernant un instrument sur le terrain. Il est donc possible via la supervision (PAMS) d'effectuer diverses opérations sur l'instrument :

- Information sur l'instrument (modèle et son état)
- Configuration de l'instrument en mode maintenance (échelles, valeur actuelle, mode etc. . .)

Les informations sont transmises par un réseau modbus RS485 (voir figure 3.2, ci-dessous page 21) dédié et sécurisé.

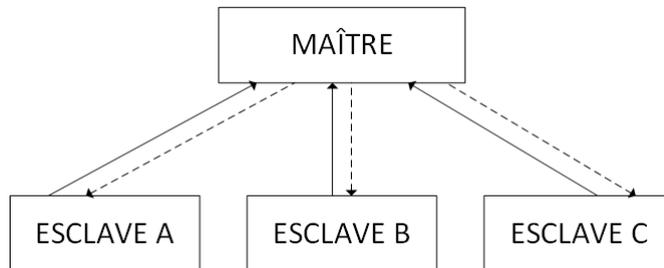


FIGURE 3.2 – Schéma type de communication en modbus RS485

3.1.2 La RFQ

Ce document chapeau regroupe toute les informations présentes dans chacun des documents évoqués en partie précédente. Dans ce document sont mentionnés les exigences suivantes relatives à la conception (MEG) :

(a) Situation géographique

Localisation de l'unité de production → Plateforme au large de l'Indonésie

(b) Conditions environnementales

- Type de climat → Tropical
- Températures extérieures : min : 24 °C max : 38 °C
- Températures dans les locaux HVAC : min : 18 °C max : 21 °C
- Humidité : 80%
- Air salin → Forte corrosion des équipements
- Environnement explosif (ATEX) → Niveau de sécurité élevé pour les équipements dits critiques. Ce niveau de criticité est associé au SIL

(c) Volume de fourniture

- Nombre d'armoires à fournir : 3
- Redondance des équipements : Alimentation 230VAC, CPU, Réseaux MOD-BUS TCP uniquement
- Tension d'application : 2x230VAC redondants UPS et 1x230VAC NUPS
- Gestion du refroidissement des armoires : ventilateurs si nécessaires
- Types de communications :
 - vers DCS : modbus TCP
 - vers package centrifugeuse Broadbent : modbus RTU RS485
 - vers (PAMS) d'Honeywell : modbus RS485 (voir figure 3.1)
- Signaux analogiques transmis vers le (PAMS) via un réseau multiplexé dédié
- (IHM) à intégrer en façade d'armoire
- Console de programmation EWS à fournir

(d) Champs d'activité

- Dimensionnement des entrées/sorties de l'automate
- Calculs de dissipation calorifique
- Calculs de consommation électrique du système

3.1. LES CONTRAINTES TECHNIQUES

- Achat des différents équipements nécessaires à la réalisation du système
- Programmation de l'automate
- Conception des vues graphique sur (IHM)
- Emission des documents projets (documents contractuels)
- Rédaction des procédures de test d'acceptation usine (FAT)
- Liste des pièces de rechange (carte E/S automates, disjoncteurs. . .)
- Certificats construction attestant de la conformité du matériel implanté (certificats TÜV, ATEX. . .)
- Expédition des armoires en Indonésie

(e) Fabrication

- Sens et angle d'ouverture des portes (en fonction des couloirs et proximité des issues de secours dans le local (ITR) où seront installées les armoires)
- Couleur des armoires : RAL 7035
- Filerie : type LSZH, couleurs en fonction de la tension, signaux. . . et section minimale de 0.5 mm^2
- Types de borniers : Vis \rightarrow utilisation de cosses pour la filerie
- Mise à la terre des fils de réserves pour de futurs signaux
- Types et couleurs de goulottes : LSZH de couleur grise pour les signaux non intrinsèques
- Règles de ségrégation : Le cheminement conducteurs différents en fonction de leur application (puissance 230VAC, commande 24VDC, signaux analogiques, digitaux, etc. . .)

(f) Mise à la terre des équipements

- (IPE) : Cette terre est utilisée pour connecter tous les équipements électriques alimentés par le 230VAC, les primaires des transformateurs de courant ainsi que les structures métalliques composant l'armoire (panneaux latéraux, toit, portes, plaques de fond, châssis de montage).
- (IME) : Cette terre est utilisée pour connecter tous les écrans des câbles instruments, les équipements raccordés au secondaire des transformateurs de courant, dont le 0VDC est référencé à cette même terre.

(g) Identification des équipements

- Des étiquettes gravées sont fabriquées pour la dénomination des armoires, mais aussi, pour chaque équipement installé.
- Des porte étiquettes sont utilisés pour repérer les différents borniers dans l'armoire.
- Des repères de fils imprimés sont utilisés pour l'identification de chaque fil dans l'armoire.

(h) Documentation contractuelle

- Des documents sont rédigés tout au long du projet et couvrent tant les parties hardware ainsi que software.
- Selon un planning défini dans cette même (RFQ), les différents documents demandés par le client sont recensés et les délais limite d'envoi de leur première émission pour validation doivent être respectés de manière à ne pas impacter le planning.
- L'approbation pour construction dépend de manière directe du respect des délais en termes d'envoi de ces documents et nécessitent avoir été revus par le client final. De manière générale, il est nécessaire qu'un document ait été revu et mis à jour à deux (2) reprises avant de pouvoir obtenir un accord de produire et acheter les différents équipements.

(i) Inspection et tests fonctionnels

- L'équipement est soumis à des tests ainsi qu'à des vérifications permettant aux clients de constater la conformité du système. Pendant la durée de ces tests, les différentes parties du système sont vérifiées et validées en présence de Prosernat et d'ENI.
- **Partie hardware :** L'inspection visuelle et hors tension est effectuée afin de constater que la conception mécanique et électrique est en conformité par rapport aux documents contractuels validés par les différentes parties du projet.
- La mise sous tension du système est réalisée dans un second temps et permet de valider le fonctionnement du système.

3.1. LES CONTRAINTES TECHNIQUES

- **Partie software** : Cette inspection consiste à valider le fonctionnement du système en rapport avec les documents fournis par le client et notamment, l'analyse fonctionnelle, la matrice de cause et effet, la table d'échange vers le système maître.
- A l'issue de ces tests, le système est validé par le client et permet sa libération et l'expédition vers le site.

3.1.3 Les P&ID

Ce document apporte les informations techniques nécessaires pour effectuer le dimensionnement de l'automate en termes d'entrées/sorties. Chaque diagramme représente une partie du (MEG) et indique les équipements électriques qui y seront raccordés ainsi que les différents instruments de mesure avec leur fonction et leur interaction avec le système.

La figure ci-dessous (3.3, page 26) représente une partie d'un schéma P&ID et les éléments sont repérés de deux (2) manières différentes :

- Rouge comportant un numéro : Instruments et équipements connectés vers le système
- Vert comportant une lettre : Décrit à titre informatif

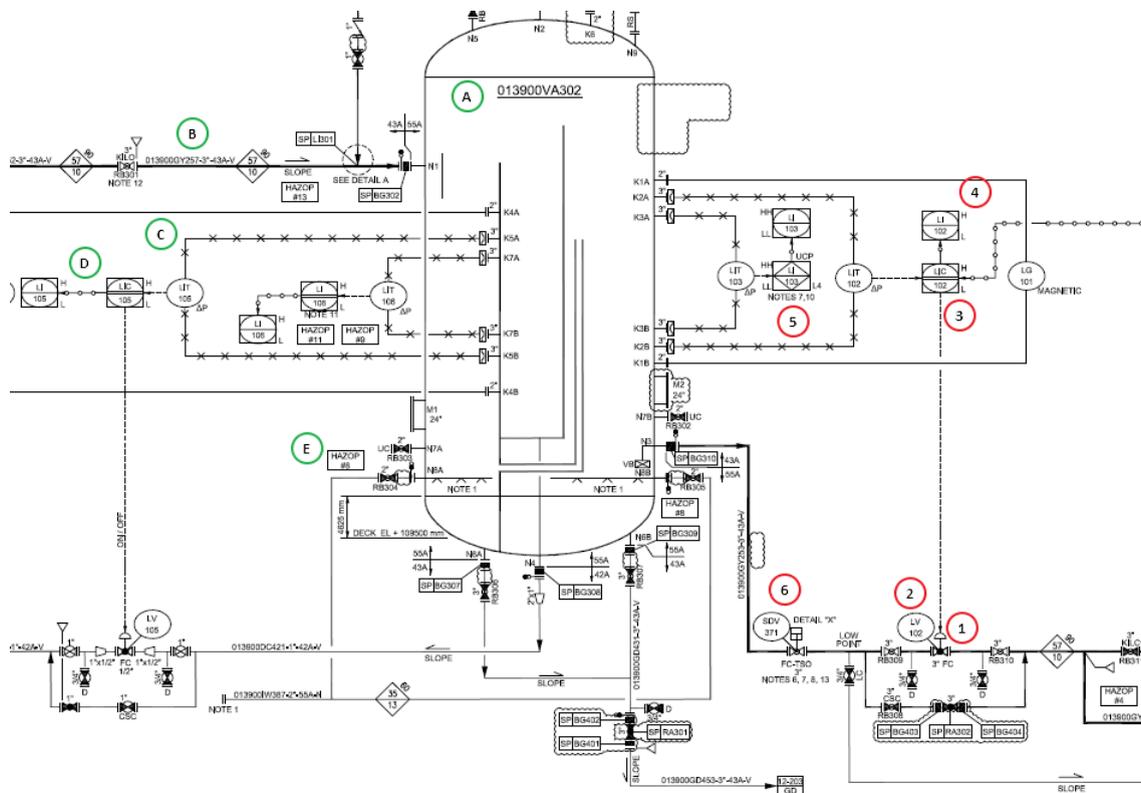


FIGURE 3.3 – Vue d'un schéma P&ID

3.1. LES CONTRAINTES TECHNIQUES

Le tableau ci-dessous reprend chaque item repéré dans le schéma-exemple (3.3, page 26) afin d'apporter les descriptions nécessaires :

item#	Repère équipement	Description
1	Vanne régulée	Vanne de niveau régulée (LCV) commandée par la partie PCS du système et agit en fonction du niveau dans la cuve 013900VA302
2	LV102	Repère ISA de la vanne
3	LIC102	Tag du contrôleur (PID) à implémenter dans l'automate pour la régulation du niveau dans la cuve 013900VA302
4	LI102	Indicateur de niveau (LI) process (PCS) dans la cuve : Les lettres H et L signifient qu'il y a une gestion d'alarme à implémenter dans l'automate en cas de niveau haut (H) et bas (L)
5	LI103	Indicateur de niveau (LI) de sécurité (ESD) dans la cuve : Les lettres HH et LL signifient qu'il y a une gestion d'alarme ainsi qu'une gestion d'arrêt et interlock à implémenter dans l'automate (partie ESD) en cas de niveau très haut (HH) ou très bas (LL)
6	SDV371	Vanne d'arrêt (SDV) en aval de la cuve 013900VA302. En cas de niveau très bas (LL) dans la cuve, cette vanne sera fermée et en interlock
A	013900VA302	Tag ISA pour la cuve « Rich MEG flash drum »
B	013900UN472-1-55A-N	Spécification du tuyau : En se référant aux documents relatifs tels que les piping class, line specification
C	—x—	Représentation d'un piquage pour raccorder un indicateur
D	—o—	Communication réseau
E	HAZOP#8	Les revues d'HAZOP permettent d'établir un niveau de criticité d'une ligne. En cas de danger élevé, il est décidé d'augmenter le niveau de sécurité de cette partie de l'installation en modifiant les types d'équipements ainsi que le niveau de SIL requis.

TABLE 3.1 – Description d'un schéma P&ID

3.1.4 Les schémas d'interconnexion

Dans le cadre du projet Jangkrik, les schémas d'interconnexion ont été transmis pendant la phase d'offre. Ces schémas fournissent les détails des raccordements de chaque signal vers l'automate MRU PLC.

Dans le cadre du projet Jangkrik, les schémas d'interconnexion (voir figure 3.1, ci-dessous page 20) ont été transmis à Techma pendant la phase d'offre. Ces schémas fournissent les détails des raccordements de chaque signal vers l'automate MRU PLC.

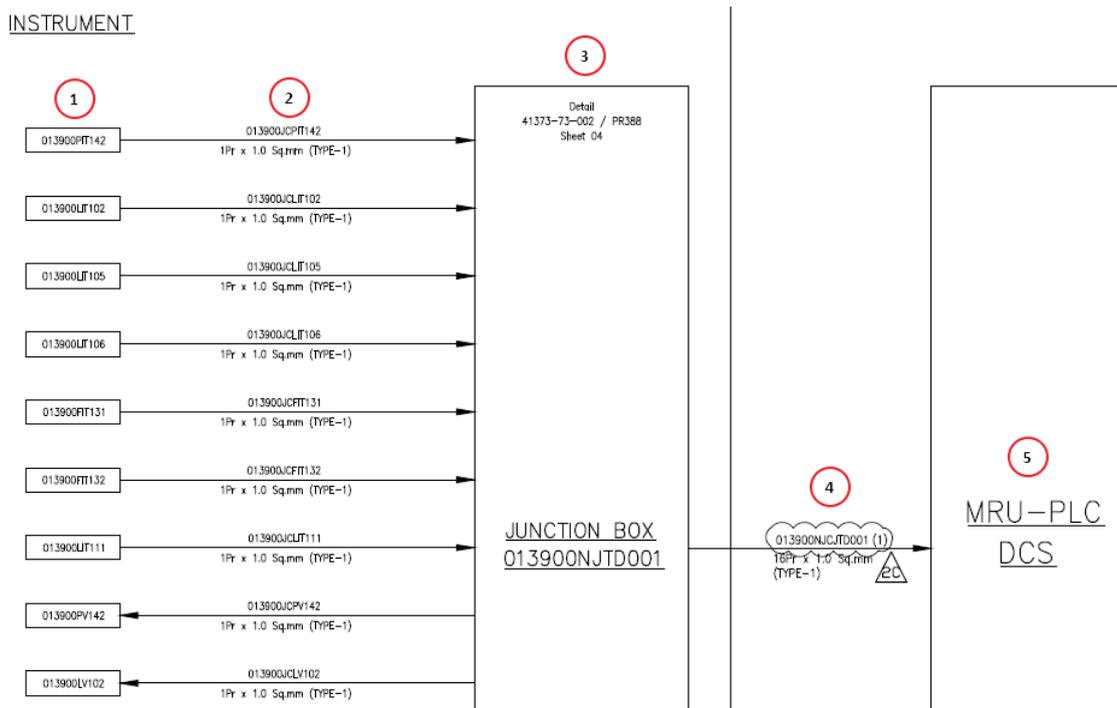


FIGURE 3.4 – Schéma d'interconnexion

Les descriptions sont données dans le tableau suivant :

item#	Description
1	Repère ISA de l'instrument
2	Repère du câble ainsi que son type
3	Repère de la boîte de jonction
4	Repère du câble multi-paires
5	Indication de l'aboutissant du câble multi-paires (ex : MRU-PLC partie DCS)

TABLE 3.2 – Description d'un schéma d'interconnexion

Dans ce même document, des règles de ségrégation sont appliquées afin de ne pas confondre les types de signaux ainsi que leur incidence sur le système :

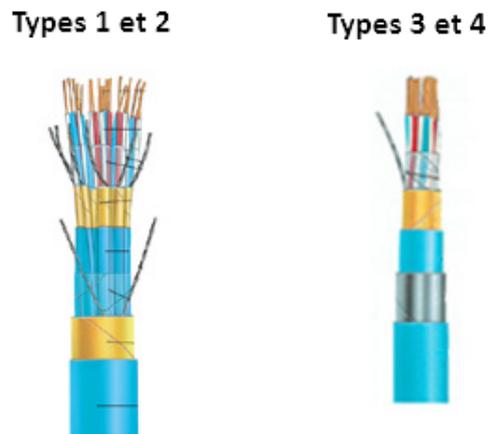


FIGURE 3.5 – Types de câbles pour les signaux numériques et analogiques

Les descriptions sont apportées dans le tableau suivant :

Type#	Description
1	Câble pour les signaux non-intrinsèques ignifugé et composé d'écrans individuels par paires ainsi qu'un écran général
2	Câble pour les signaux de sécurité non-intrinsèques, résistant au feu et composé d'écrans individuels par paires ainsi qu'un écran général
3	Câble pour les signaux analogiques de sécurité, résistant au feu avec écran général
4	Câble pour les signaux analogique process ignifugé et écran général

TABLE 3.3 – Types de câbles utilisés pour les signaux

3.2 Compréhension des besoins

Afin de formaliser la réponse à l'appel d'offre de Prosernat et d'après les documents d'entrée fournis, la définition du système (MRU PLC) est effectuée comme suit :

(a) Etablissement de la liste d'entrées-sorties

Documents d'entrée :

- P&ID
- Schémas d'interconnexion
- Schéma des signaux-moteurs

3.2. COMPRÉHENSION DES BESOINS

Les descriptions sont apportées dans le tableau suivant :

item#	Colonne	Description	Résultat
1	Loop	Une boucle correspond à plusieurs éléments dans la même chaîne tels que : l'instrument (FI131), le régulateur PID (FIC131), Valeurs process (FI131_PV), les seuils (FSH, FAH131)	F131
2	Tag	Chaque élément de la boucle est répertorié dans cette colonne tel que l'instrument, le régulateur PID	FIx131
3	P&ID	Numéro de folio localisé dans les P&ID où l'instrument est présent	12-102
4	Junction box	Boîte de jonction où est raccordé l'instrument	NJTD001
5	IO Hardware PLC PRO	Signaux process physique recensés	2
6	IO Hardware ESD PRO	Signaux ESD physiques recensés	0
7	IO Slink with DCS	Signaux transmis vers DCS via réseau de communication	11
8	IO Slink with centrifuge package	Signaux en interaction avec la centrifugeuse Broadbent	0
9	Total	Les différents totaux	13

TABLE 3.4 – Description de la liste E/S

Les schémas de connexion des moteurs permettent d'étoffer cette liste d'entrées-sorties et apportent des détails important sur les interactions qui sont faites avec le système MRU PLC. En effet, les moteurs sont commandés via le process « à distance » mais aussi en « local » par l'intermédiaire de pupitres de commande situés à proximité.

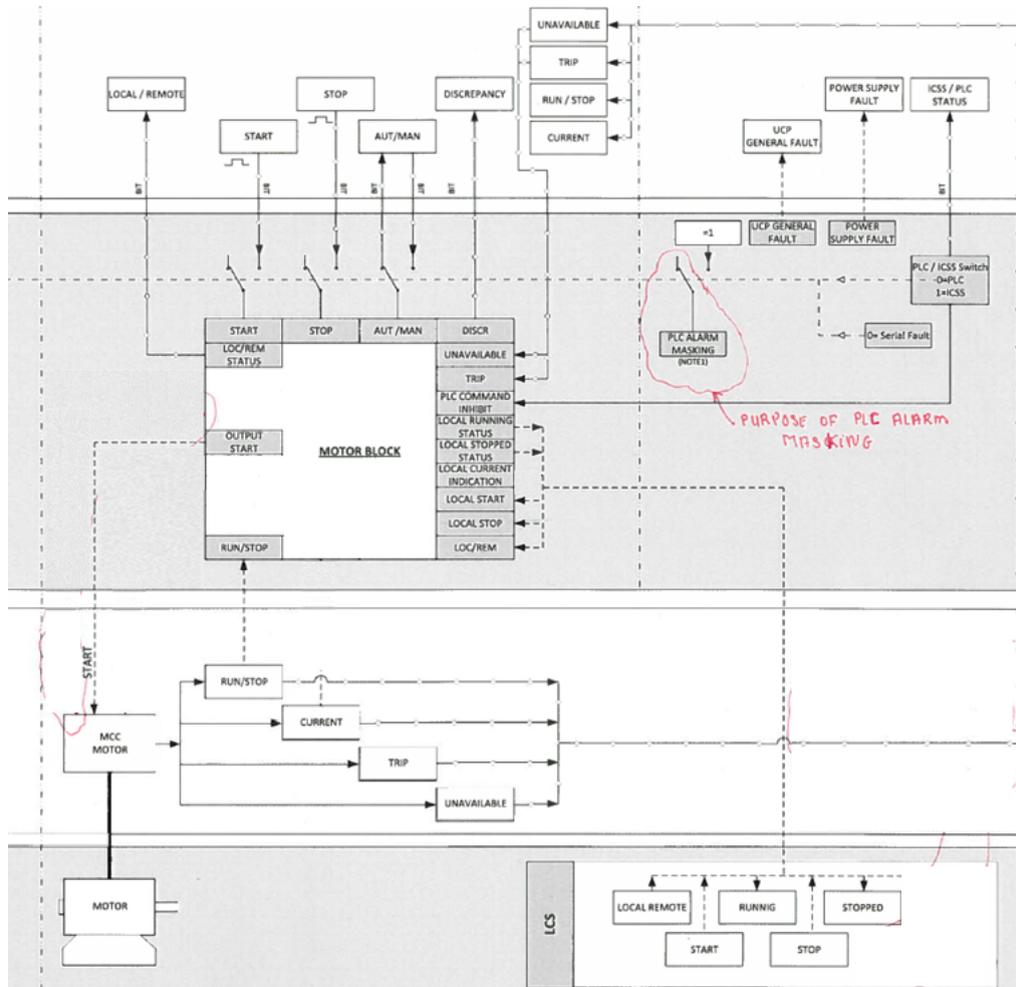


FIGURE 3.7 – Diagramme des blocs moteurs

Parmi le moteurs, deux (2) variantes sont prises compte :

- Huit (8) pompes commandées en démarrage direct
- Deux (2) pompes commandées par variateurs de vitesse

Les descriptions sont apportées dans le tableau suivant :

Tag#	Application	Puissance
013900PA301A	Démarrage direct	75 kW
013900PA301B	Démarrage direct	75 kW
013900PA302A	Démarrage direct	7.5 kW
013900PA302B	Démarrage direct	7.5 kW
013900PA303A	Démarrage direct	15 kW
013900PA303B	Démarrage direct	15 kW
013900PA304A	Variateur	5.5 kW
013900PA304B	Variateur	5.5 kW
013900PA305A	Démarrage direct	15 kW
013900PA305B	Démarrage direct	15 kW

TABLE 3.5 – Types de démarrages des pompes

3.2. COMPRÉHENSION DES BESOINS

La liste d'entrées-sorties déterminée en accord avec les documents client est la suivante :

PCS

I/O type	Card qty	Modulo	Necessary	Capacity	Spare %
AI	9	8	52	72	28
AO	3	8	17	24	29
DI NSI	4	32	80	128	38
DO NSI	3	32	61	96	36
TOTAL	19		210	320	34
Rack	2				

ESD

I/O type	Card qty	Modulo	Necessary	Capacity	Spare %
AI	5	6	21	30	30
AO	0	0	0	0	
DO SI	0		0	0	
TOTAL	11		74	118	37
Rack	2				

	Necessary	Capacity	Spare %
TOTAL I/O	284	438	35

FIGURE 3.8 – Récapitulatif du nombre estimé d'E/S total

(b) Signaux analogiques multiplexés HART

Le cahier des charges impose que les signaux analogiques du (MRU PLC) soient centralisés en parallèle vers le (PAMS) fourni par Honeywell qui utilise le protocole (HART) dont le mode de communication utilisé est le modbus RS 485.

Le protocole (HART) utilise une signalétique modem à la norme Bell 202, une modulation par déplacement de fréquence (FSK) surimposée avec une amplitude faible au signal de la boucle 4-20 mA. Cela permet une communication de terrain dans les deux sens et rend possible l'échange d'informations supplémentaires avec un capteur de terrain intelligent, qui vont au-delà de la simple variable de procédé. Le protocole HART communique à 1200 bps, sans interrompre le signal 4-20 mA et permet à une application hôte (maître) d'obtenir des valeurs numériques d'un appareil de terrain intelligent avec un taux de rafraîchissement d'au moins deux fois par seconde. Comme le signal numérique modulé FSK est en continuité de phase, il n'y a aucune interférence avec le signal 4-20 mA [HART 2014].

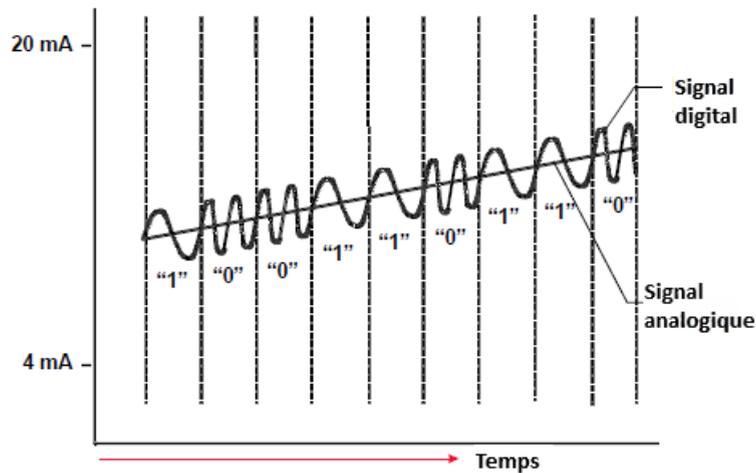


FIGURE 3.9 – Principe du signal HART

Le modules HART s’insèrent dans la boucle reliant le transmetteur (dans le cas du système MRU PLC) à l’automate de la manière suivante :

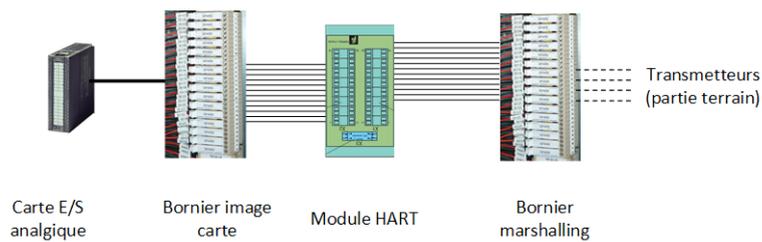


FIGURE 3.10 – Intégration du HART dans le MRU PLC

Le schéma ci-dessous présente un réseau d’architecture global employant des multiplexeurs HART. De cette même manière est employé le protocole HART pour le système MRU PLC

3.2. COMPRÉHENSION DES BESOINS

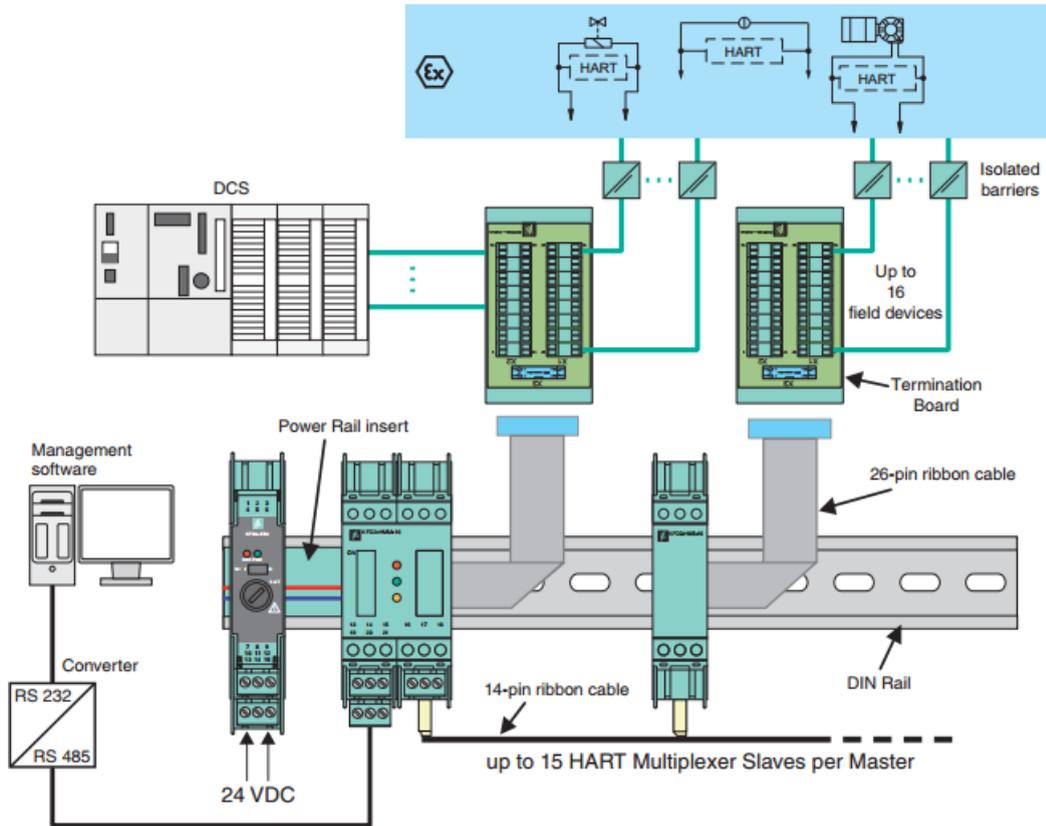


FIGURE 3.11 – Réseau d'architecture HART global

(c) Architecture globale du système MRU PLC

Afin de récapituler les éléments qui composent l'automate du (MRU PLC), le schéma d'architecture globale (voir figure ci-dessous) apporte une vision synthétique de la composition du système MRU PLC. Ce schéma est aussi intégré à l'offre technique et commerciale pour ces mêmes raisons.

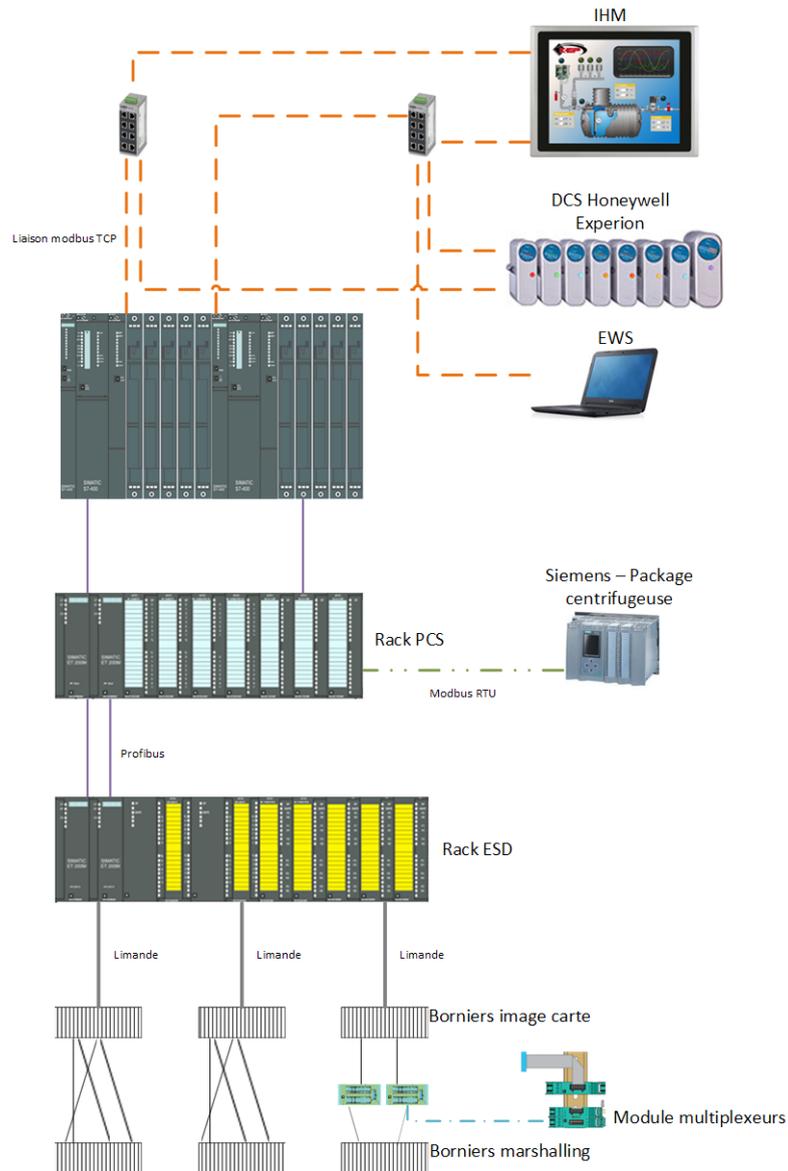


FIGURE 3.12 – Schéma d'architecture du système MRU PLC

(d) Consultation des différents fournisseurs

Le processus de consultation des différents fournisseurs s'effectue en respectant les exigences imposées par le projet.

Dans le cadre du projet Jangkrik, le choix du matériel à intégrer est effectué en rapport avec la liste des fournisseurs référencés dans la base de données Techma.

Les différents fournisseurs sont contactés pour l'établissement des devis tels que :

- Automate d'après la liste d'entrées-sorties établie
- IHM possédant les exigences minimales pour ce projet (communication mod-

3.2. COMPRÉHENSION DES BESOINS

bus TCP redondante)

- Les équipements électriques (alimentations, switch...)
- Armoires...

Il est choisi d'intégrer un automate Siemens redondant dont la partie (ESD) doit être conforme aux exigences du projet qui imposent un niveau de sécurité élevé (SIL3).

Chapitre 4

Formalisation de l'appel d'offre

La rédaction de l'appel d'offre s'articule autour des différentes parties qui sont les suivantes :

- (a) Objectif de cet appel d'offre
- (b) Documents d'entrée référencés
- (c) Les données liées au dimensionnement de l'automate ainsi que les références et modèles concernés (voir figure 3.6, ci-dessous page 30)
- (d) Les schémas d'architecture réseau (voir figure 3.12, ci-dessous page 36)
- (e) Les équipements et matériel électriques prévus soit :
 - Trois (3) armoires juxtaposées respectant les normes et exigences du cahier des charges (couleurs, ouverture des portes...)
 - Les alimentations et redondances des équipements prévus
 - Principe de cheminements des câbles et filerie à l'intérieur des armoires
 - L'utilisation de borniers image carte
 - Le respect de l'espace libre pour de futures et potentielles modifications dans les armoires (20% requises par le cahier des charges)
 - Le nombre d'équipements spécifiques prévus (HART multiplexeurs modules et cartes, CPU, carte E/S, racks, logiciels de programmation, IHM...)
 - La fourniture d'une console de programmation EWS
- (f) Schémas préliminaires d'implantation des équipements dans les futures armoires (voir figure ci-dessous) :

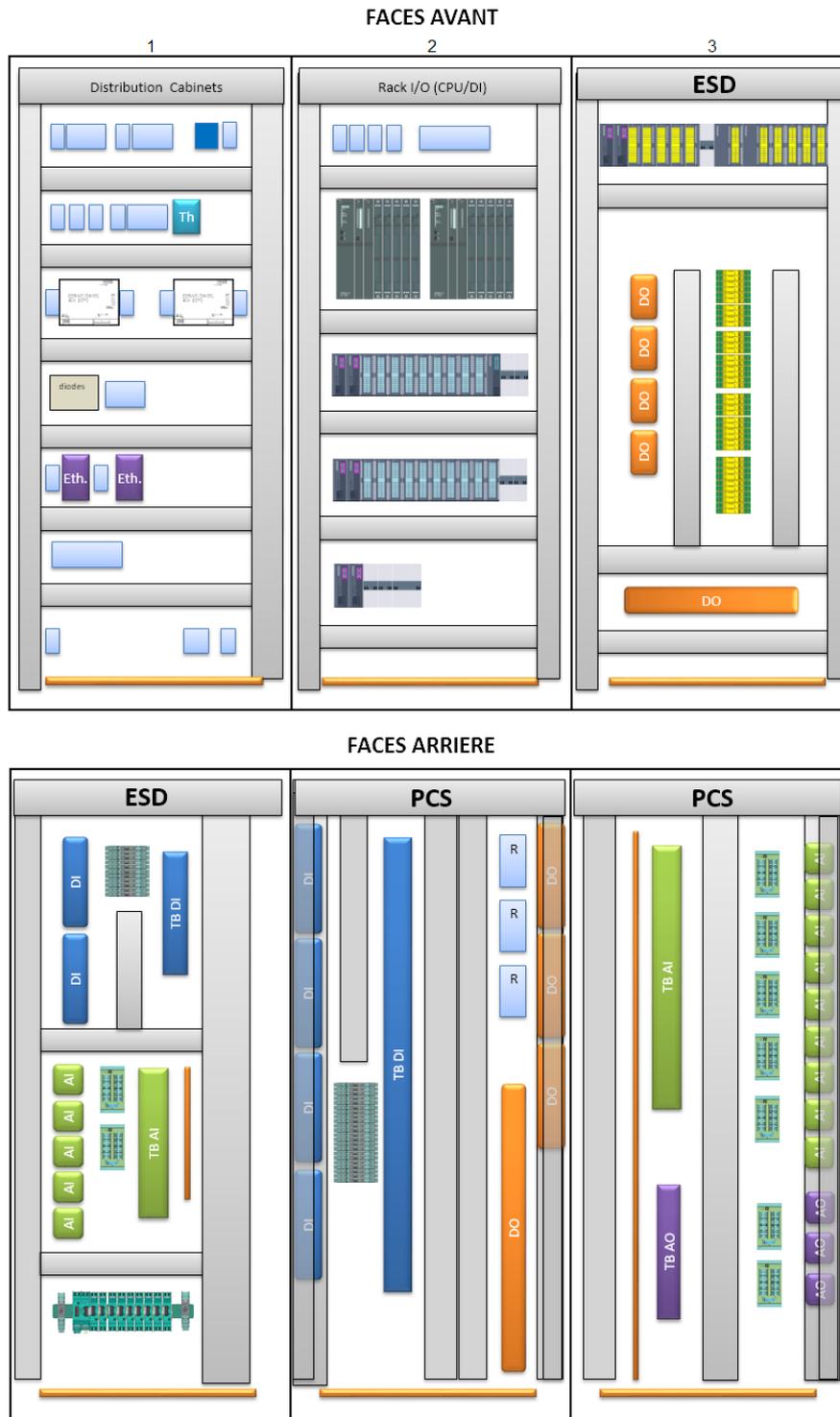


FIGURE 4.1 – Schémas préliminaires d’implantation du MRU PLC

- (g) La liste complète des équipements tels que (l’automate, l’IHM, les multiplexeurs HART, les borniers, les alimentations...) ainsi que les logiciels de programmation prévus à cet effet
- (h) Les documents contractuels qui devront être rédigés suivant la (RFQ) :

- ITP
 - Document des calculs de dissipation de chaleur et de consommation électrique pour le système
 - Liste d'entrées-sorties
 - Table d'échange modbus
 - Schémas-blocs automate
 - Schémas d'implantation et de câblage des armoires
 - Schémas de boucle instruments
 - Analyse organique
 - Manuels opératoires
 - Procédure de réception atelier (FAT procedure)
 - Procédure d'expédition des armoires
 - Procédures de manipulation des armoires à réception pour installation dans les locaux électriques du (FPU)
 - Liste de pièces de rechange pour le démarrage et pour les deux (2) années suivantes
 - Documentation finale (VDB)
- (i) La réception du système (nombre de jours, lieu...)
- (j) Le mode d'expédition des armoires
- (k) L'expédition doit être effectuée par bateau suivant les incoterms 2010 pour du FCA. Quatre (4) semaines sont nécessaires pour le transport de ces armoires de la France vers Batam en Indonésie.
- (l) Planning et limites de fourniture : Le planning prévu à réception de la commande par Prosernat est estimé à vingt (20) semaines, puis s'en suivra la réception du système avec Prosernat, Saipem et ENI.
- (m) Le prix global ainsi que les conditions particulières mises en vigueur par Techma

4.1 Réunion de clarification technique

Une réunion de clarification a pour principaux objectifs de lever certains aspects techniques mais aussi de proposer des solutions alternatives parfois moins coûteuse qui permettront d'ajuster l'offre technique et commerciale. Dans le cadre de ce projet,

4.1. RÉUNION DE CLARIFICATION TECHNIQUE

voici la liste non exhaustive des points levés et validés avec le client Prosernat :

Item	Description	Action	Date
	<p>Tests : 11 jours prévus par Techma au titre de ses propres tests.</p> <p>Clarification faites des tests à envisager avec le package Broadbent (simulation + physique) ainsi que tests client final 1 simulation + 1 test en réel à Jakarta avec l'ensemble Boradbent, Techma, Honeywell (Client).</p> <p>⇒ Techma doit proposer un daily rate pour tests effectuer à Jakarta.</p>		
	<p>Supervision (Soft) : Alternative envisageable à SIEMENS avec KEP à chiffrer par Techma (économie potentielle de 12K€).</p> <p>PC Siemens => Offre alternative avec KEP => A proposer par Techma.</p>		
	<p>Architecture système :</p> <p>Modulo et type de carte à revoir par Techma sur PCS. => Proposition alternative attendue de Techma par rapport à la spéc client.</p> <p>Nota : PCS cartes 32 voies max (vs. 16 sur offre) ESD cartes 24 voies obligatoirement</p>		
	<p>Redondance : La redondance applicable au titre des spécifications techniques est assurée au niveau du matériel. Pas de redondance au niveau I/O.</p>		
	<p>Certification SIL : Après analyse des spéc clients le niveau de certification SIL 3 est confirmé.</p>		
	<p>Documents à transmettre par PN à Techma :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Liste instrumentation à jour à transmettre à Techma. • PID 41373-12-101 rev 04A à fournir en REV 04 à Techma (MASTER) 		

FIGURE 4.2 – Extrait des clarifications techniques exposées en phase d'appel d'offre

A l'issue de réunion, Prosernat émet un rapport de réunion mentionnant chaque point soulevé ainsi que leur statuts. L'objectif étant d'officialiser chaque point afin de déroger aux exigences mentionnées dans les différents documents d'entrée.

4.2 Cycle de la réalisation d'un appel d'offre

L'organigramme ci-dessous présente le processus d'un appel d'offre de la réception d'une demande à l'envoi de l'offre technique et commerciale.

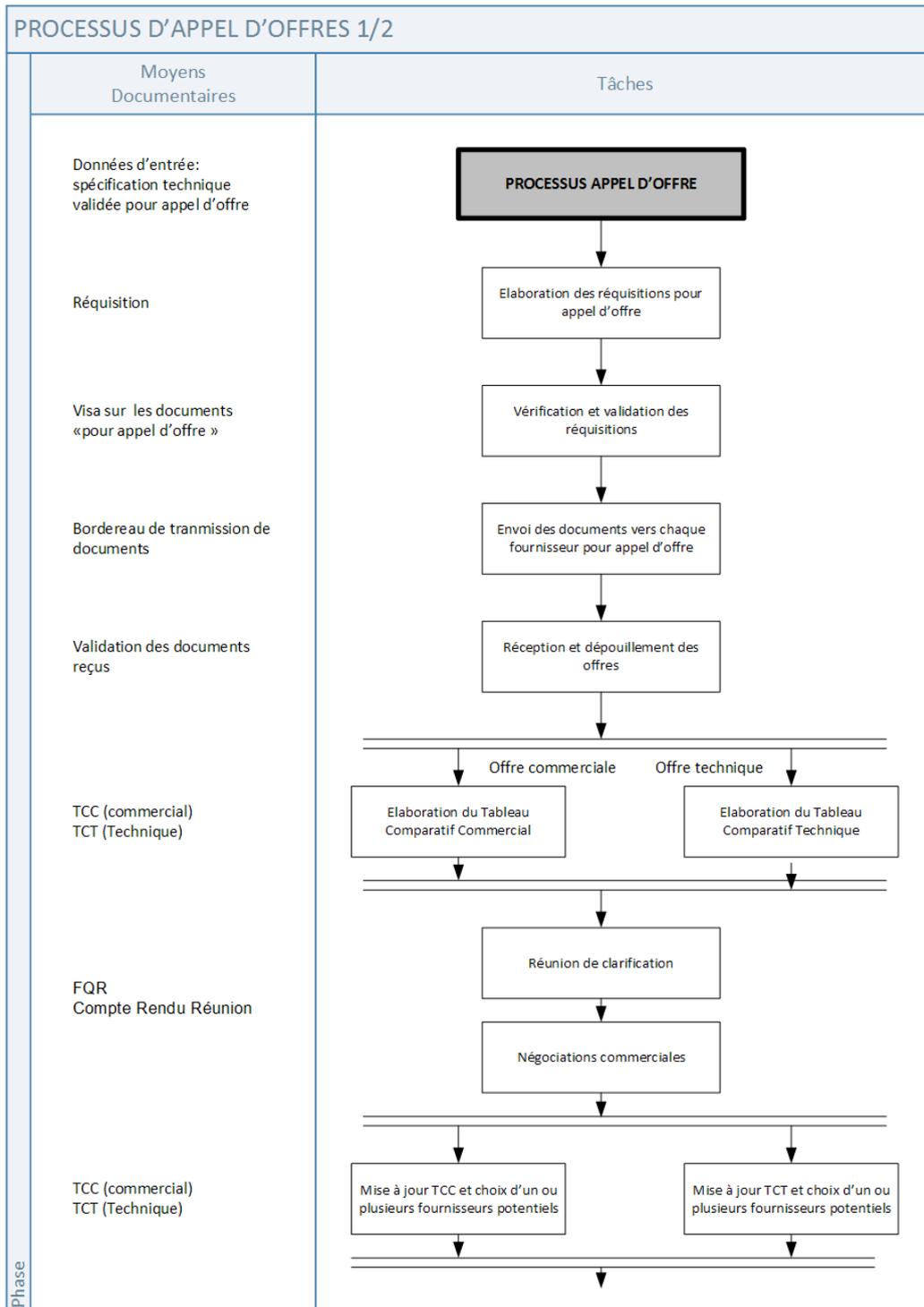


FIGURE 4.3 – Processus d'un appel d'offre 1/2

4.2. CYCLE DE LA RÉALISATION D'UN APPEL D'OFFRE

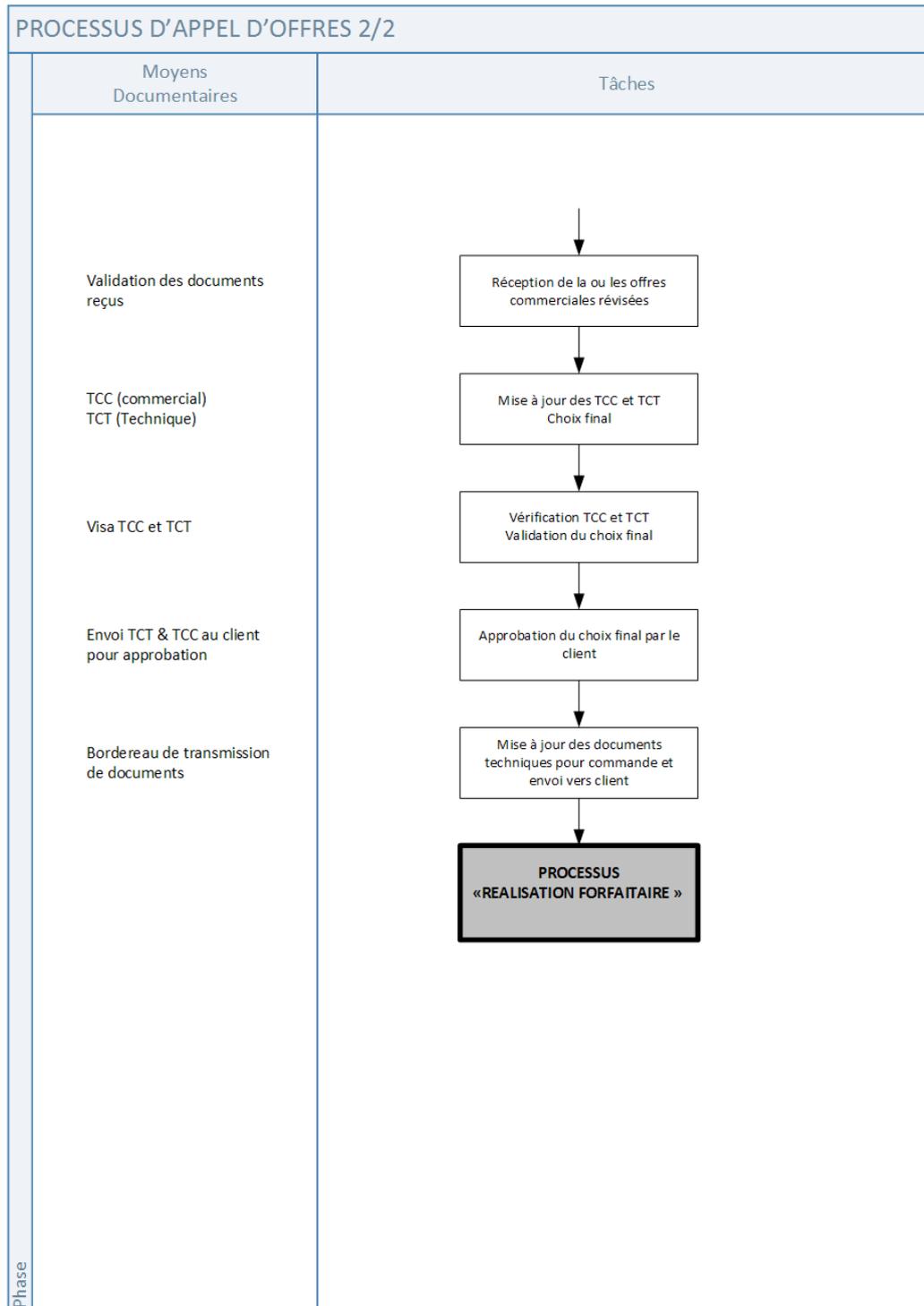


FIGURE 4.4 – Processus d'un appel d'offre 2/2

Troisième partie
Réalisation du projet

Chapitre 5

Composition de l'équipe projet

La réalisation des projets et le fonctionnement des services nécessitent une mise à disposition de moyens humains ou matériels ponctuels ou permanents dont le schéma simplifié se résume comme suit :

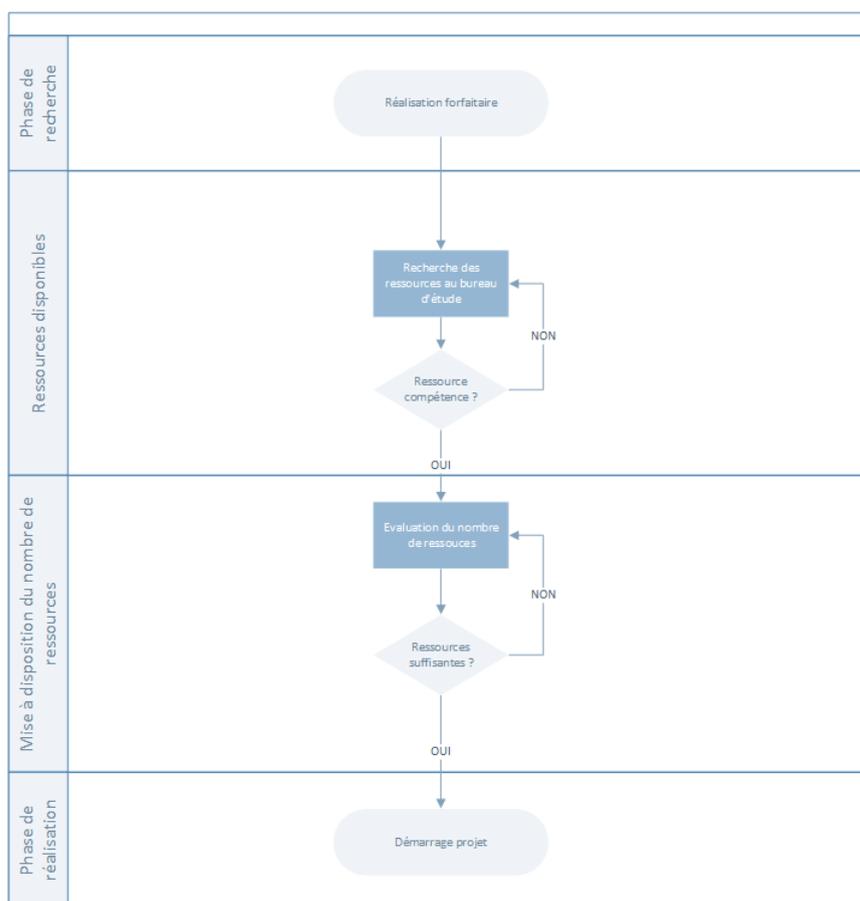


FIGURE 5.1 – Processus de management des ressources

5.1 Revue de contrat

La revue de contrat permet d'effectuer la transition entre la partie commerciale qui avait en partie rédigé l'offre technique et commerciale, et la partie opérationnelle qui est en charge de la réalisation du projet forfaitaire.

Dans ce document figure un certain nombre d'éléments évoqués lors de cette réunion :

(a) La description du projet

- Numéro et nom du projet
- Les contacts client
- Le chargé d'affaires désigné

(b) L'offre et la commande

L'objectif de cette partie est de s'assurer que la commande est cohérente et en accord avec l'offre technique et commerciale. Dans le cas où des discordances sont constatées, celles-ci sont enregistrées dans ce même document et doivent être évoquées lors de la réunion de lancement du projet chez le client (KOM). Dans cette même partie sont évoquées les options que le client a éventuellement achetées ainsi que les potentielles pièces de rechange.

(c) Moyens matériels et logiciels

Cette partie apporte les renseignements utiles et nécessaires à la fourniture du système tels que :

- Les logiciels de programmation à prévoir
- Stock atelier pouvant être utilisé (équipements électriques, armoires...)
- Fourniture de matériel spécifique par le client

(d) Les documents

Dans cette partie est évoqué l'aspect documentaire lié au projet d'un point de vue fourniture de documents d'entrées ainsi que les documents contractuels prévus et demandés par le client qui sont les suivants :

- Documents clients : Disponibilité et réception de ces documents
- Documents contractuels : Niveau de duplication, langage du projet et des

5.1. REVUE DE CONTRAT

plans ainsi que leurs énumérations.

(e) Planning

Lors de cette revue sont évoqués les différentes jalons du projet tels que :

- Date officielle du lancement
- Date de remise des plans et documents contractuels auprès du client
- Date de réception atelier (FAT)
- Contraintes liées aux délais d'approvisionnement des différents fournisseurs

(f) Les points particuliers

Les éléments techniques qui font l'objet d'une attention particulière sont listés dans ce document tels que :

- Couleurs de filerie, type de filerie
- Type d'armoires. . .

5.2 Procédure d'organisation et structure

Un organigramme est défini afin d'apporter les renseignements concernant l'organisation de l'équipe-projet ainsi que leurs niveaux de responsabilité attribués en fonction de leurs qualifications, compétences, connaissances et les précédentes expériences acquises.

- Responsable plateforme : Responsable de l'aboutissement du projet dont il doit respecter les conditions suivantes :
 - Dépenses liées au projet
 - Livraison
 - Conformité en rapport avec le cahier des charges

- Chef de projet : Responsable et garant de l'avancement du projet dont ses missions et tâches sont les suivantes :
 - Gestion des ressources projet
 - Planification du projet
 - Proposition et rédaction des avenants
 - Rédaction, émission / réception et mise à disposition des documents
 - Mise à disposition des documents projets
 - Relations directes avec le client
 - Interface entre les opérationnels et le management

- Responsable qualité : Représentant et garant du respect des bonnes pratiques et il s'assure du bon fonctionnement du système qualité et établit des audits qualité afin de permettre l'amélioration de ce processus.

- Spécialiste hardware : Référent technique sur la partie matérielle du système à fournir, il définit, dimensionne et propose les équipements à intégrer ainsi que leurs protections associées afin de permettre un bon fonctionnement. En parallèle il conçoit avec le chef de projet les différents schémas d'implantation et de câblage du système.

- Ingénieur application : Référent technique sur la partie programmation du système à fournir, il élabore le programme automate ainsi que les différentes

5.2. PROCÉDURE D'ORGANISATION ET STRUCTURE

vues associées à la supervision en rapport avec les différents documents d'entrées qui sont entre autres, l'analyse fonctionnelle, les données process...

- Atelier : L'équipe s'assure :
 - De la réception des différents équipements et matériel associés au projet
 - De la fabrication du système (montage des armoires, implantation des différents équipements tels que les disjoncteurs, automates, switch, IHM... , câblage et repérages des équipements implantés).

De cette manière, l'organigramme de l'équipe-projet est le suivant :

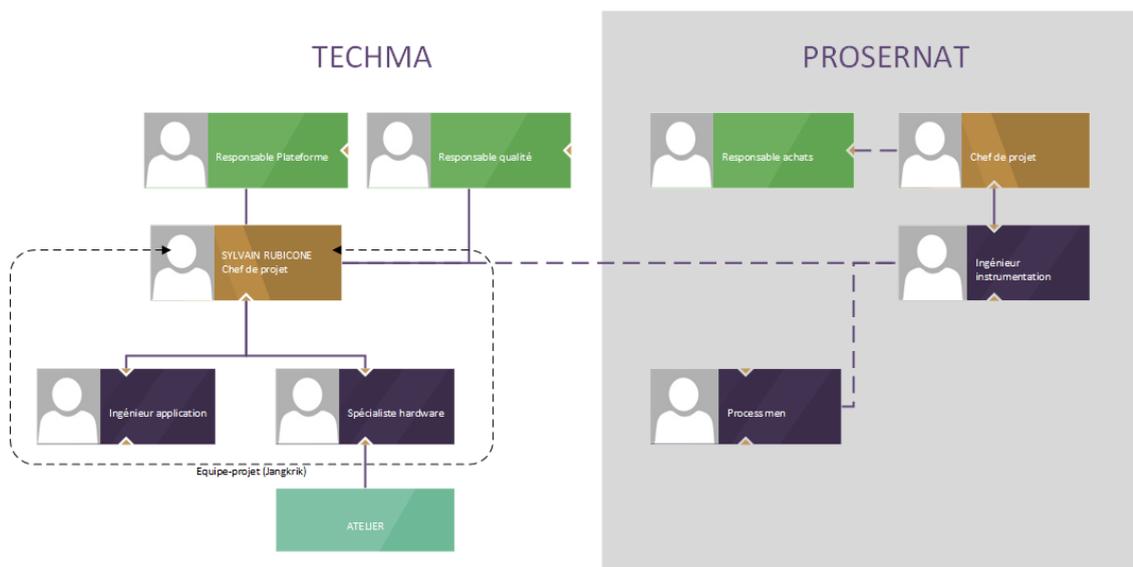


FIGURE 5.2 – Organigramme de projet

Les tâches effectuées par l'équipe au cours du projet sont soumises à des audits dont les résultats sont répertoriés dans un registre afin de garantir les objectifs qualités fixés par la norme ISO 9001. Deux types d'audits sont principalement mis en évidence au cours du projet et sont représentés dans les tableaux ci-dessous.

5.2.1 Audits pour la réalisation forfaitaire

Audit	Vérificateur	Type de vérification	Action
Revue de contrat	Chef de projet	Visuel	Transmission des informations et enregistrement
Réception des documents référencés	Chef de projet	Visuel	Demandes du client, validation sur le compte-rendu (KOM)
Vérification et validation des documents transmis au client	Chef de projet ou spécialiste	Visuel	Commentaires à prendre en compte et modification du statut documentaire
Vérifications internes des armoires ainsi que du programme avant FAT	Ingénieur application et spécialiste hardware	Visuel d'après les vérifications internes des armoires et programmes automate	Modification à effectuer dans les armoires ou dans le programme automate et commenter le document de vérification afin de dater et enregistrer ces tests
Vérification de l'avancement des études	Chef de projet	Visuel	Rapport d'état d'avancement transmis au client. Définition des actions à prendre en compte par l'équipe-projet et écriture d'un compte-rendu
Facturation au client	Chef de projet	Visuel	Mise à jour des factures et envoi au client
Dossier final	Chef de projet	Visuel	Mise à jour, signature et émission du document au client

TABLE 5.1 – Types d'audits réalisés pendant le projet

Chapitre 6

Réunion de lancement du projet (KOM)

Afin de préparer au mieux la réunion de lancement du projet, la lecture des différents documents d'entrée est nécessaire afin de s'assurer de la bonne prise en main du projet avec l'équipe désignée. Certains aspects financiers avaient été soulevés et approuvés par Prosernat lors de la phase de chiffrage, néanmoins, certains points techniques nécessitant des validations auprès du client sont nécessaires.

6.1 Les participants et leurs fonctions

La réunion de lancement de projet se déroule en présence des personnes suivantes :

Société	Fonction	Présence
TECHMA	Responsable de plateforme	Complet
TECHMA	Chef de projet	Complet
PROSERNAT	Coordinateur	Complet
PROSERNAT	Acheteur	Partiel
PROSERNAT	Chef de projet	Partiel
PROSERNAT	Ingénieur instrumentation	Complet
PROSERNAT	Ingénieur procédés	Partiel
PROSERNAT	Contrôleur de document	Partiel

TABLE 6.1 – Interlocuteurs présents au KOM

Le rôle de chacun des interlocuteurs de Prosernat est détaillé ci-dessous :

- **Coordinateur** : Il est responsable des activités liées à l'avancement d'un projet, de la visite des locaux des sous-traitants, du suivi du planning des fournisseurs, de la réception et prise en compte des rapports d'activités de chaque fournisseur en rapport avec la commande initiale ainsi que sa participation aux réunions techniques ou bien mensuelles programmées avec les fournisseurs

- Acheteur : Les aspects financiers relatifs au projet sont de sa responsabilité ainsi que les modifications de contrat (avenants) et lancement des termes de paiement
- Chef de projet : La gestion de planning ainsi que les réunions techniques avec le client ou bien les fournisseurs sont animés et organisés par ses soins
- Ingénieur instrumentation : Il a en charge tout le volume technique du projet. Il assure le suivi, l'avancement technique, dénoue les situations critiques qui sont de sa portée. Dans le cadre du projet Jangkrik, l'ingénieur instrumentation est l'interface technique et directe avec les fournisseurs et clients suivants :

Société	Fonction	Champ d'activité
SAIPEM / ENI (FR/IT)	Client final	Validation amont de chaque proposition technique et commerciale émanant de Prosernat ou bien des fournisseurs
TECHMA (FR)	Fournisseur / intégrateur de système	Effectue le projet en rapport avec les exigences du cahier des charges établit et transmet par Prosernat
BROADBENT (UK)	Packagiste et fournisseur de centrifugeuses clé en main	Effectue le projet en rapport avec les exigences du cahier des charges établit et transmis par Prosernat
KAVIN ENGINEERING (IN)	Réalisation des plans (schémas d'instrumentation, d'interconnexion, boîtiers de jonction)	Elabore les différents schémas liés au projet d'instrumentation et au champ d'activité de Prosernat.

TABLE 6.2 – Rôles des interlocuteurs sur le projet

- Ingénieur procédé : Décompose et analyse les différentes étapes du process de fabrication pour fiabiliser les étapes de production. Son expertise est mise à contribution pour la rédaction des documents essentiels à la programmation d'un système tels que :
 - L'analyse fonctionnelle
 - Les données process du système
 - La matrice de cause et effet
 - Les schémas de sécurité logique

6.2. LES POINTS ÉVOQUÉS

- Contrôleur de document : Son rôle est de s'assurer du respect des procédures mises en place pour l'envoi et la réception des documents contractuels. Dans le cas d'anomalie constatée, le document est rejeté et doit être corrigé afin de correspondre aux critères d'exigence qu'impose le circuit de vie d'un document contractuel

6.2 Les points évoqués

En plus d'aborder le processus de fonctionnement du projet entre Prosernat et Techma, les attentes client, cette réunion permet de clarifier et éventuellement préparer des demandes de dérogation technique pour SAIPEM/ENI car des écarts entre les exigences imposées par le cahier des charges et les possibilités de réalisation tout en tenant compte des délais imposés peuvent générer certaines contraintes.

De manière non exhaustive, les points évoqués sont les suivants :

(a) Communication

- La liste des personnes présentes à cette réunion ainsi que leurs coordonnées et champs d'action sur le projet
- Le processus de communication par email. Prosernat a mis en place une boîte email spécifique au projet

(b) Achat

- Revue de la (RFQ) : Les révisions de certains documents sont obsolètes et nécessitent un envoi par Prosernat afin de prendre en compte les dernières informations du cahier des charges
- Revue du volume de fourniture : Expédition des armoires séparées
- Attente de la réception de la liste des documents contractuels attendus par Prosernat
- Annexes au contrat devant être remplies par la direction de Techma

(c) Revue commerciale

Condition du contrat : Termes de fourniture, stockage, application des incoterms 2010 en FCA avec option financière pour stockage un (1) mois supplémentaire dans les locaux de Techma.

(d) Inspection

- Les personnes attendues pour la réception du système dans les locaux de Techma
- Procédures liées au projet telles que les tests internes effectués avant réception officielle avec les clients
- Respect de délais d'envoi de notification pour inspection par Techma
- Tests usine FAT dans les locaux de Techma prévu
- Libération et expédition du système après validation des clients. Signatures du certificat de tests usine par Prosernat, ENI et Saipem.
- Tests usine à Jakarta avec Honeywell pour vérification de communication avec DCS (iFAT)
- Tests sur site dans le cadre d'une mission avec assistance au démarrage

(e) Rapports d'avancement projet

Un (1) rapport d'avancement mensuel à transmettre tous les vingt (20) de chaque mois au client avec les statuts des commandes, intégrations, montages, développements et vérifications.

(f) Emballage et expédition du système

Envoi et validation des documents contractuels relatifs à l'emballage et l'expédition des armoires. Celles-ci voyageant par bateau doivent être hermétiques et protégées de l'air salin pendant le transport → Emballage en SEI4C.

(g) Emission de la documentation finale

Lorsque la documentation finale est émise, le dernier terme de paiement peut être effectué et clôturer le projet.

(h) Divers

Les aspects techniques nécessitant des clarifications techniques sont recensés dans cette partie.

6.3 Etablissement du planning projet

Le planning du projet (voir en annexe A) est élaboré en fonction de plusieurs paramètres qui sont mentionnés ci-dessous :

1. Les contraintes client

6.3. ETABLISSEMENT DU PLANNING PROJET

- Données d'entrée telles que la RFQ
- La liste des documents contractuels à émettre d'après le SDLR
- Les points critiques évoqués lors la réunion de lancement du projet

2. Les études hardware

- Bilan des consommations électriques (voir annexe B), dissipation calorifique (voir annexe C)
- Etablissement de la liste du matériel à commander pour démarrer le montage des armoires
- Réalisation des schémas d'implantation, câblage

3. Achat des équipements

Cela inclut tout le matériel électrique ainsi que les logiciels de programmation et l'EWS.

4. Les délais d'approvisionnement

Les délais de livraison des différents équipements transmis dans les offres fournisseurs.

5. Les études software

- Programmation de l'automate
- Conception des vues statiques et dynamiques de l'IHM
- Création de la table d'échange modbus

6. Envoi des documents contractuels

L'envoi de ces documents doit respecter le planning imposé par le client de manière à assurer un circuit continu et ne pas impacter l'avancement du projet. Certains documents doivent être validés afin d'obtenir l'accord de construire les armoires.

7. Fabrication

A réception des documents contractuels validés par le client (à minima « Bon pour Construction ») la fabrication des armoires est effectuée de la manière suivante :

- Impression des schémas d'implantation et de câblage des armoires
- Réunion avec l'atelier afin d'évoquer les différents aspects techniques du montage des armoires et définir, en fonction de leurs disponibilités, les personnes en charge de leurs constructions ainsi que des délais à tenir

- Mise à disposition du matériel
- Démarrage montage

8. Tests internes

Les vérifications internes sont effectuées sur les parties hardware et software avant réception par le client.

9. Tests d'acceptation usine (FAT)

La réception du système est planifiée puis effectuée sur plusieurs jours. Son objectif consiste à vérifier et valider la construction du système.

10. Libération et expédition des armoires

Le système est approuvé par le client et autorise son expédition en Indonésie. Cette étape marque la fin de la réalisation du projet d'un point de vue matériel et développement.

11. Statut documentaire et envoi de la documentation finale (VDB)

La prise en compte de la validation de tous les documents contractuels par le client lance la clôture du projet et donc le dernier terme de facturation.

Chapitre 7

Développement du projet

Lors de la phase de développement du projet plusieurs tâches sont menées en parallèle afin de maintenir les contraintes liées au planning telles que les études de conception des armoires système, la programmation de l'automate et l'aspect documentaire du projet.

7.1 Management de l'équipe projet

Afin de s'assurer de la bonne prise en main du projet par l'équipe, le chef de projet organise une réunion dans laquelle les points techniques précédemment évoqués avec le client sont mis en avant ainsi que les contraintes qu'imposent le cahier des charges sur l'aspect conceptuel, les délais et le rythme imposé pour garantir sa fourniture dans les temps.

(a) Rôles et missions

Le chef de projet doit s'assurer en amont du projet que chaque membre de son équipe connaît et maîtrise son rôle ainsi que ses missions.

Dans le cadre de ce projet en tenant compte d'un planning projet très serré, la répartition des tâches proposée par le chef de projet permet aux ingénieurs application et spécialiste hardware de concentrer uniquement leurs efforts sur le développement du système. La charge liée à l'aspect documentaire est entièrement prise en charge par le chef de projet.

(b) Communication

Au-delà de la réunion de lancement, le chef de projet est régulièrement tenu informé de l'évolution impactant le bon déroulement du projet. Il se doit à son

tour d'informer par le biais de réunions formelles ou bien informelles tous les membres de son équipe pour garantir l'accomplissement du projet.

Le chef de projet doit savoir motiver son équipe, de leur donner goût au projet afin qu'ils saisissent l'opportunité d'y exprimer et développer leurs compétences plutôt que de le considérer comme une corvée. Pour cela, des échanges réguliers associés à l'optimisme de l'accomplissement d'un projet participent à la bonne cohésion d'une équipe, ce qui est primordial pour faire aboutir un projet d'une manière générale et s'avère primordial lorsque celui-ci possède des contraintes d'exécution serrées.

(c) Capacités d'écoutes et de décisions

L'analyse des points critiques rencontrés par l'équipe au cours du projet font l'objet d'une concertation. Chaque membre peut être amené à exprimer son opinion et la décision est prise par le chef de projet qui tranchera pour l'option qui lui paraît la plus pertinente, efficace et économique.

Toujours dans le cadre des décisions prises au cours d'une concertation, le chef de projet fait preuve d'écoute et lâcher prise lorsque la situation n'est pas compromettante et que les suggestions proposées sont pertinentes voire meilleures.

Le chef de projet assume la responsabilité de sa décision quand bien même l'option s'avère inefficace et pas porteuse de ses choix.

7.2 La documentation

Chaque document d'entrée mentionné dans la RFQ de Prosernat est vérifié, puis comparé avec ceux qui ont déjà été transmis précédemment en phase d'offre (voir chapitre 3). Parmi les documents d'entrée déjà évoqués, il est nécessaire de posséder les dernières révisions de ces mêmes documents. Quant à ceux manquants, une réclamation est effectuée par le chef de projet auprès du client afin qu'il les transmette.

7.2.1 Les documents contractuels

Prosernat transmet le SDLR (voir annexe D) en début de projet qui regroupe l'ensemble des documents à produire en accord avec la (RFQ), ainsi que les dates limite de première émission pour chacun d'entre eux.

Le chef de projet s'assure que les documents mentionnés entre la (RFQ) et le (SDLR) sont cohérents. Dans le cas où un écart est constaté, une demande de clarification auprès du client est effectuée afin de confirmer la demande de modification qui fera l'objet d'un avenant au contrat initial (voir partie avenant).

En parallèle, les dates de demande de première émission des documents par Prosernat sont vérifiées par le chef de projet qui s'assure de la cohérence de ces délais. En effet, certains documents peuvent être émis si et seulement si d'autres documents contractuels en amont ont été validés par les clients. Dans d'autres circonstances, certains documents peuvent être émis sur le tard car ils ne sont pas critiques dans l'avancée et l'aboutissement du projet (e.g. les schémas de boucle instruments).

Les documents d'entrée à prendre en compte pour la réalisation du projet sont les suivants :

- **LES CONTRAINTES TECHNIQUES :**

- Les documents de spécification établis par le client final.
- RFQ : Ce document chapeau synthétise les différents documents de spécification fournis par le client final (ENI) afin d'apporter les éléments essentiels à la réalisation d'une offre technique et commerciale correspondant aux attentes.

- **LES DOCUMENTS D'INGÉNIERIE :**

- P&ID : Ce diagramme définit tous les éléments d'un procédé industriel. Il est le schéma le plus précis et le plus complet utilisé par les ingénieurs pour la description d'un procédé. On y retrouve chaque instrument et équipements nécessaires au fonctionnement de système
- PFD : Ce diagramme plus général que le P&ID est nécessaire pour décrire les flux de matières et les équipements principaux d'un procédé. Seuls les équipements en contact direct avec les produits chimiques ainsi que les moyens de transport de ceux-ci (pompes, tuyaux, ...) sont représentés.
- Liste des instruments : Ce document est établi d'après les P&ID et recense chaque instrument et équipement à intégrer pour le fonctionnement du système.
- Schéma d'architecture : Ce document définit l'architecture générale pour les parties électriques, instruments et réseau afin d'apporter les limites de

fourniture du système.

- Description du procédé : Ce document nécessaire à la programmation de l'automate fournit les descriptions détaillées pour l'ensemble du fonctionnement du MEG et fait office d'analyse fonctionnelle (AF).
 - Matrice de cause et effet : La matrice nécessaire à la programmation de l'automate est utilisée pour définir les actions d'urgence pour mettre en sécurité l'installation en cas d'anomalie du procédé.
 - Schémas d'interconnexion : Ces schémas synthétisent le tenant et aboutissant d'un câble instrument provenant du terrain vers le système automatisé. De ces schémas découle la conception des boîtiers de jonction.
 - Schémas des boîtiers de jonction : Ces schémas permettent de connaître l'emplacement de câblage exact d'un signal instrument provenant du terrain.
- **HYGIÈNE ET SÉCURITÉ** : Application des règles d'hygiène et de sécurité (HSE) pendant l'exécution du projet Jangkrik

7.2.2 Circuit de vie d'un document contractuel

De manière générale sur le projet, chaque document contractuel est soumis à une procédure stricte et normée par le client afin de respecter dans un premier temps les contraintes qualités qu'imposent la norme ISO 9001 mais aussi, une organisation qui permet d'éviter des déconvenues.

Ces exigences sont valables pour les documents techniques et pour les schémas dont la procédure est la suivante pour chaque émission d'un document :

- Création d'un bordereau de transmission unique
- Mise en copie des personnes liées au projet ainsi que la boîte email « projet » de chez Prosernat

Les schémas doivent respecter les exigences suivantes :

- Le modèle est proposé par le fournisseur et doit contenir les logos de chacun.
- Le format est de type A3 paysage
- Les numéros des documents ainsi que leurs noms doivent apparaître sur chaque folio

7.2. LA DOCUMENTATION

- La signature de chaque document doit être effectuée par le dessinateur, le vérificateur et l'approbateur

Les documents doivent respecter ce même principe à l'exception du modèle de document qui est fourni par Prosernat.

(a) Les modifications dans les documents

Chaque modification effectuée sur la zone d'un document doit clairement apparaître de la manière suivante :

- Schémas : Un bullage de la zone concernée ainsi qu'un triangle de révision doivent être insérés
- Documents : Une ligne verticale sur le côté gauche du document doit apparaître dans la zone de modification

(b) Séquences de révisions

Les indices de révision numériques (00, 01, 02...) sont strictement réservés pour les émissions officielles entre Prosernat et Saipem/ENI. Les révisions alphanumériques sont alors mises en place pour les échanges entre les fournisseurs et Prosernat (0A, 0B, 1A, 2A...). Chaque émission quel qu'en soit la modification doit être identifiée avec un numéro de révision supérieur ainsi que sa nouvelle date d'émission. Les précédentes dates de révision doivent rester visibles dans le cartouche d'historisation. En plus de ces indices de révision, le statut du document est précisé ce qui indique contractuellement l'état et l'impact qu'il en résulte. De manière générale, ces statuts documentaires sont souvent les mêmes d'un projet à un autre :

- IFR (Issued For Review) : Première émission d'un document bon pour commentaire. Ce statut ne donne pas d'approbation pour construire, ni valider un design
- IFA (Issued For Approval) : Deuxième émission. Ce statut prend en compte les commentaires du client par rapport à la révision précédente dont l'objectif est de valider le design
- AFC (Approved For Construction) : Troisième émission. Ce statut débloque l'accord de construction du système par le client
- ASB (AS-Built) : Dernière émission. Ce statut apparaît en fin de projet

lorsque le système a été validé et réceptionné par le client, ce qui engage la clôture du document contractuel

(c) Echanges des documents

Chaque document émis est au format PDF mais doit cependant, être accompagné de son fichier natif. De plus, le fichier PDF doit être configuré de manière à ce qu'il permette la recherche de mots dans son contenu.

Le nom du fichier doit contenir le code du document ainsi que sa révision associée de la manière suivante :

41373-XX-XXX_YY

XX-XXX : référence du document Prosernat

YY : Indice alphanumérique du document

(d) Rejet des documents

Dans le cas où le document n'est pas conforme aux attentes du cahier des charges et/ou aux exigences liées aux principes d'émission d'un document contractuel, celui-ci fait l'objet d'un rejet. Ceci a pour conséquence la correction du problème soulevé et l'émission dans une révision supérieure.

(e) Principe de revue d'un document contractuel

L'organigramme ci-après (figure 7.1, page 63) représente le principe du circuit de vie d'un document contractuel :

7.2. LA DOCUMENTATION

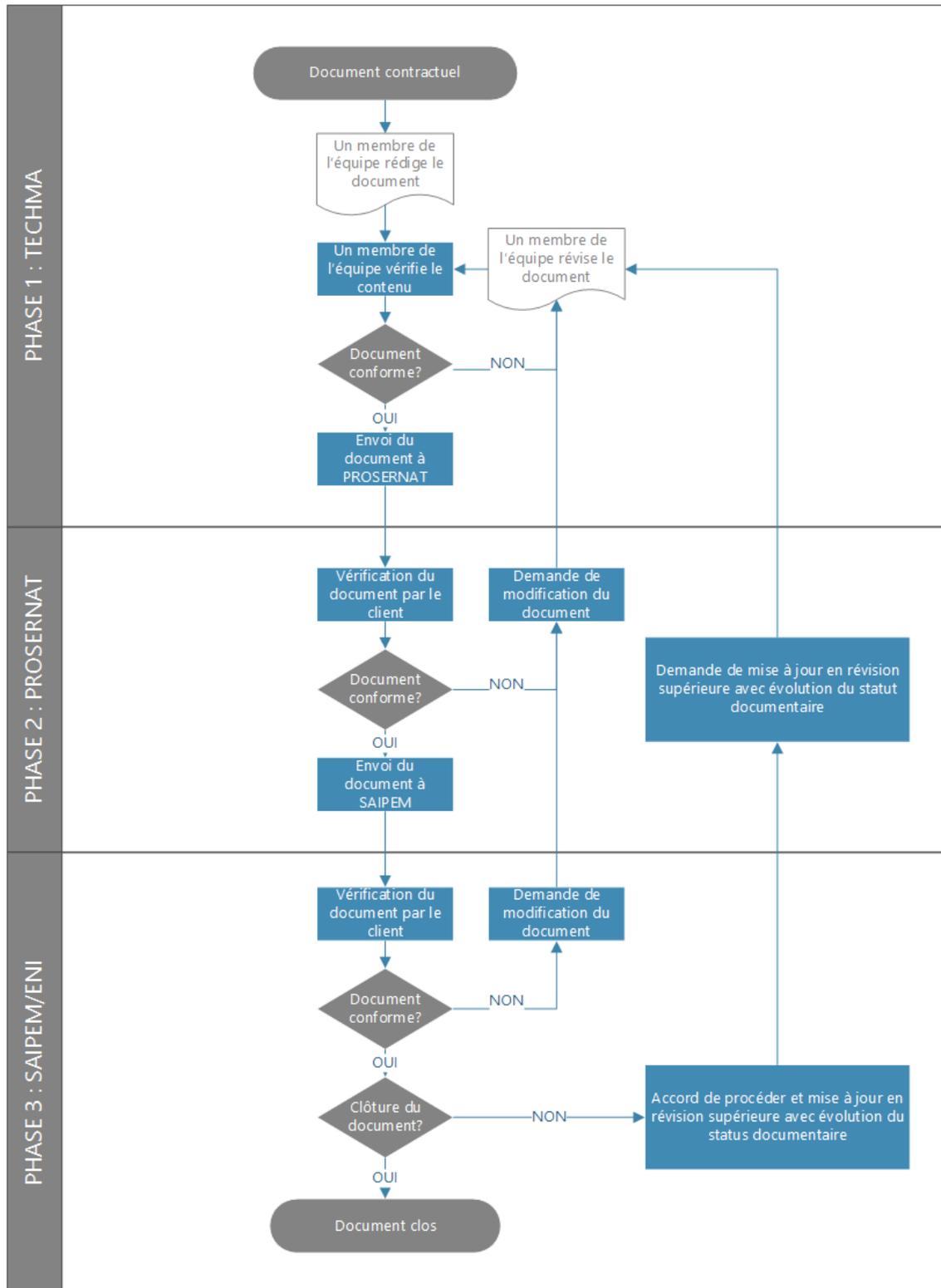


FIGURE 7.1 – Cycle de vie d'un document contractuel

7.3 Partie hardware

Cette partie est effectuée par le spécialiste hardware dont les objectifs sont multiples et énumérés ci-dessous :

1. Conception de la distribution électrique des armoires ce qui inclut, l'implantation ainsi que le câblage
2. Le respect des règles de ségrégation qu'exigent le cahier des charges et les bonnes pratiques d'ingénierie
3. Proposition des équipements à intégrer hors cahier des charges
4. Conception des schémas de câblage pour les différents signaux venant du terrain, les réseaux de communication (modbus RS485, TCP, HART)

7.3.1 Distribution électrique

Le premier objectif est de concevoir l'implantation et le câblage de la distribution électrique du système en tenant compte des exigences liées au cahier des charges. La distribution électrique du système est opérée de la manière suivante :

Société	Fonction	Présence
Alimentation des armoires	2x230 VAC UPS	Armoire de distribution générale 230 VAC UPS
Alimentation des armoires	1x230 VAC NUPS	Armoire de distribution générale 230 VAC NUPS
Alimentation des équipements en basse tension (BT)	24 VDC redondant	Le 24VDC généré par convertisseurs de tension 230 VAC / 24 VDC et mis en parallèle pour assurer la redondance

TABLE 7.1 – Distribution électrique dans le système

Le schéma ci-après (figure 7.2, page 65) reprend le principe de distribution électrique dans le système MRU PLC :

7.3. PARTIE HARDWARE

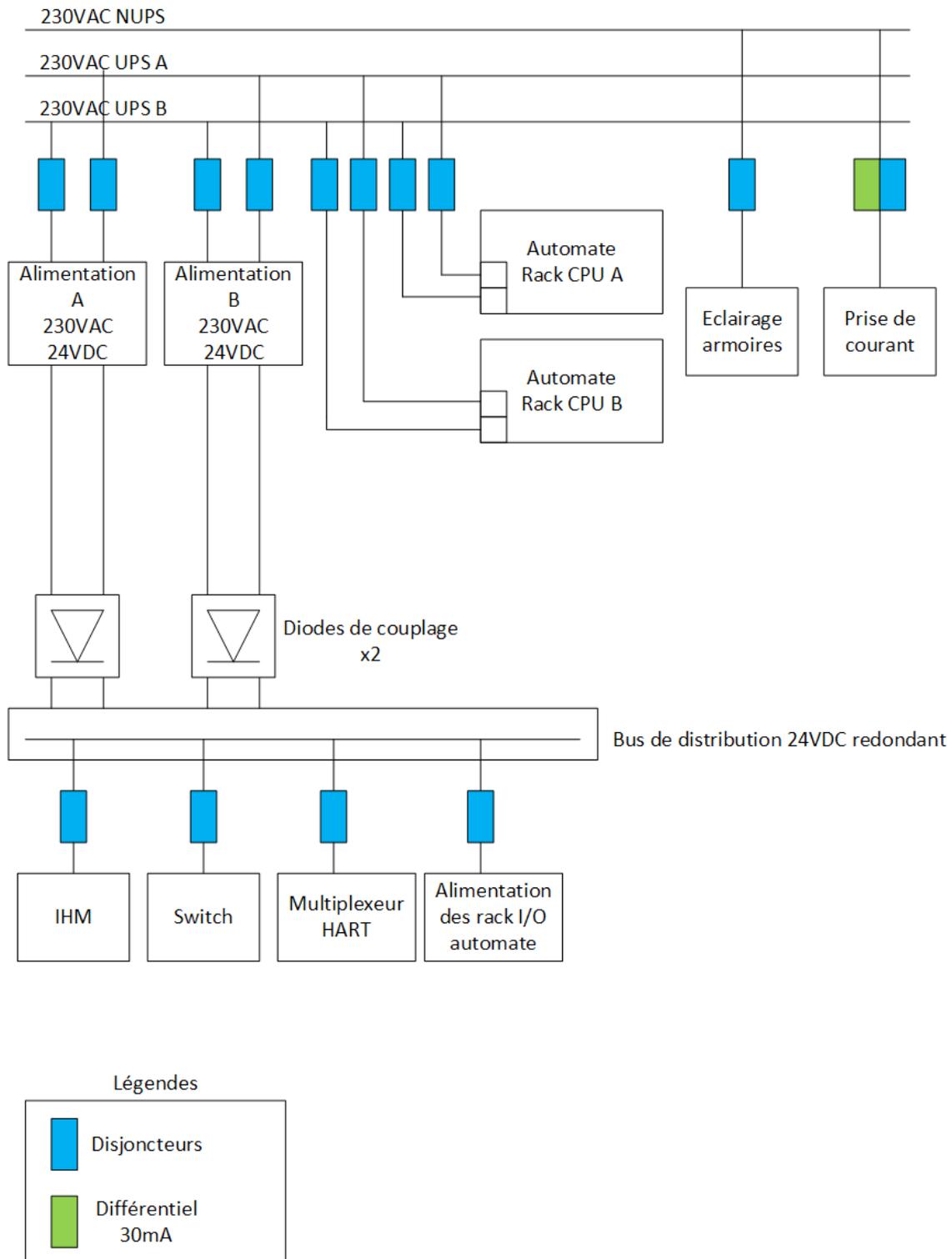


FIGURE 7.2 – Principe de la distribution électrique dans le système

Certains éléments sont considérés comme critiques et nécessitent une attention particulière quant à leurs fonctionnements, leurs disponibilités et les actions de sécurité exigées. Ces équipements apparaissent dans le document d'entrée « matrice de

cause et effet » qui permet de détailler la mise en sécurité de pompes et de vannes en fonction de seuils détections provenant d'initiateurs tels que :

7.3.2 Les règles de ségrégation

Le spécialiste hardware doit s'assurer des règles de ségrégation à appliquer dans les armoires afin de rester conforme aux exigences du cahier des charges et sont validées en accord avec le chef de projet. Ces règles sont multiples et tiennent compte des éléments suivants :

(a) Automate (parties PCS et ESD)

La non-mixité des signaux ESD et PCS implique une ségrégation des châssis I/O et cartes I/O et pour ces raisons, il est décidé de concevoir une armoire dédiée pour la gestion des signaux ESD.

(b) Cartes I/O :

Les signaux provenant d'équipements fonctionnant avec des contraintes de disponibilité sont affectés à des cartes différentes afin d'éviter en cas de défaillance d'un module I/O de ne pas pouvoir commander l'installation.

(c) Types de tensions

Chaque goulotte comporte le même type de tension de manière à éviter le mixage. Les tensions supérieures à 50V possèdent donc des goulottes dédiées ainsi qu'un macaron de signalisation de danger.

(d) Les signaux

Les signaux ne sont pas mélangés et sont ségrégés de la manière suivante :

- Armoire 1 face arrière : Signaux digital PCS
- Armoire 2 face arrière : Signaux analogique PCS
- Armoire 3 face avant : Signaux analogiques ESD
- Armoire 3 face arrière : Signaux digitaux ESD

7.3.3 Equipements à intégrer

En dehors des équipements à intégrer qu'exige le cahier des charges, le spécialiste hardware ainsi que le chef de projet définissent et valident les équipements et matériel à prévoir puis à implanter dans les armoires électriques. Parmi ces équipements le

7.3. PARTIE HARDWARE

choix est orienté en fonction des disponibilités ainsi que du coût pour les équipements proposés par les fournisseurs, soit :

- L'IHM
- Le switch
- Les alimentations 230 VAC / 24 VDC
- Les diodes de couplage
- Les bornes à intégrer
- Les goulottes
- La filerie
- L'éclairage des armoires

Pour ce type d'éléments, il n'est pas nécessaire d'obtenir une validation du client et de ce fait, les commandes peuvent être effectuées dans la continuité afin d'anticiper les éventuels délais de livraison qui peuvent être rallongés (e.g. livraison de l'IHM prévu à un (1) mois).

L'automate représente un plus gros volume en termes de coûts ainsi qu'en délai de livraison. La partie concernant la configuration des châssis CPU redondants est immuable et peut déjà faire l'objet d'une commande car les délais de livraison sont excessivement longs pour certains équipements (e.g. délai de livraison pour les CPU est estimée à dix (10) semaines).

Concernant l'implantation des châssis I/O en tenant compte des coûts importants engendrés par ce type d'équipement, il est décidé par le chef de projet de temporiser le retour des documents contractuels concernant l'implantation et le câblage afin de valider de manière officielle le quantitatif défini pour le projet.

7.3.4 Conception des schémas pour les signaux et réseaux de communication

En accord avec la liste d'entrée-sortie définie précédemment en phase d'offre (voir AO io list) et en tenant compte des modifications et mises à jour reçues du client pendant la phase de développement du projet, le câblage des différents signaux est représenté dans le document contractuel associé. Dans ces schémas sont représentés plusieurs éléments :

- La distribution électrique 230 VAC ainsi que 24 VDC
- Réseaux de terre des armoires (voir annexe E)
- Alimentations des équipements électriques 24 VDC (switch, IHM...)
- Alimentation des châssis automate (CPU et I/O)
- Câblage des signaux I/O pour la partie PCS du système (voir annexe F)
- Câblage des signaux I/O pour la partie ESD du système (voir annexe G)
- La configuration des micro-switch des carte I/O (uniquement présents sur la partie ESD)
- La représentation des câbles d'arrivées venant des boîtes de jonction et qui sont raccordés sur les borniers clients afin d'effectuer une correspondance entre la configuration des boîtes de jonction et assurer le câblage vers les modules I/O
- Les réseaux de communication suivants :
 - Réseau Profibus permettant l'interconnexion des châssis automate (voir annexe H)
 - Réseau multiplexé HART pour liaison vers PAMS fourni par Honeywell (voir annexe I)
 - Réseau modbus TCP et RS 485 pour les connexions vers l'extérieur (DCS et centrifugeuse Broadbent (voir annexe J)

7.4 Partie software

L'ingénieur application est en charge de cette partie dont les tâches sont multiples et sont décomposées en trois (3) grandes sections :

- Développement du programme automate
 - Création ou utilisation de typiques existants venant de projets similaires pour le fonctionnement des pompes, les acquisitions analogiques, les gestions de duty/standby, les régulateurs PID...
 - La réalisation de la partie fonctionnelle du MEG en rapport avec l'analyse fonctionnelle développée par les ingénieurs process ainsi que la liste d'entrées-sorties validée par le client
 - Le développement des actions de sécurité et de mise en interlock des équipements dits critiques et nécessitant un niveau de sécurité élevé en rapport

avec le document de l'implantation de la matrice de cause et effet

- Développement de partie IHM
 - Création des vues en rapport avec les PFD initialement découpés par les ingénieurs process de Prosernat (voir les annexes K et L)
 - Création des objets statiques tels que les cuves, le tuyaux...
 - Création de typiques associés à des symboles tels que : les pompes, les vannes, les faceplates, les transmetteurs analogiques, les régulateurs PID...
 - Création du bandeau de navigation qui contient les renvois vers les vues, les pages d'évènement et d'alarme, la synthèse des défauts de communication ou matériels...

- La mise en œuvre de la communication avec les différents systèmes qui sont :
 - La communication avec le DCS
 - La communication avec la centrifugeuse Broadbent
 - La communication avec le multiplexeur (HART) pour le (PAMS) fourni par Honeywell

7.4.1 Développement du programme automate

Le développement du programme automate est réalisé à partir de la description du fonctionnement MEG en accord avec l'analyse fonctionnelle développée par Prosernat. Des typiques sont développés ou bien réutilisés de projets précédents afin de dupliquer la gestion d'éléments que l'on retrouve de manière répétitive tels que :

- Le fonctionnement des pompes (figure 7.3, page 70) qui sont au nombre de dix (10) dans le cadre de projet et incluent une gestion supplémentaire de disponibilité appelé le Duty/standby
- Les boucles de régulations PID (figure 7.4, page 70) qui sont au nombre de quinze (15)
- Les soixante-dix-neuf (79) acquisitions analogiques (figure 7.5, page 71)
- Les trente-neuf (39) gestions des vannes (figure 7.6, page 71)

Les figures ci-dessous présentent l'aspect visuel de certains de ces typiques :

013900P305A	
Motor	
Motor Functionn	Obl 20/19
BO Local Rem	Local Sof BO
BO Running	Remote So BO
BO Emergency	Emergency BO
BO Start Loc	Discrepan BO
BO Stop Loca	Available BO
BO Remote Cm	Start BO
TI Disc Time	Stop BO
BO FaultIn	Run Soft BO
BO Available	Stop Soft BO
BO Process I	FaultOut BO
TI Process A	Process F BO
BO Duty	

FIGURE 7.3 – Typique moteur dans programme API

013900PIC142	
PID	
Regulation Typi	Obl 12/16
BO MANUAL	MAN S BO
BO AUTO	AUTO S BO
BO CAS	CAS S BO
BO CAS SEL	CAS EN BO
BO BAD PV	SP S R
BO ESD	SP HMI R
BO P SEL	CV W
BO I SEL	CV HMI R
BO D SEL	CA TYPE BO
BO INT HOLD	INIT R BO
BO INIT	INIT V R R
BO V TYPE	PV OUT R
BO CA	ER R
BO PV TRACK	CVMax R
R SP EXT	CVMin R
R PV IN	ESDHMI BO
R P	Kp R
R I	Ki R
R D	Kd R
R DEADB W	
R CV MAX	
R CV MIN	
R INIT V	
R FF V	
BO HMIDCS	
R SPDCS	
R MAN VALDC	
BO MANUALDCS	
BO AUTODCS	
BO CASDCS	
R MAN VAL	
R SP	

FIGURE 7.4 – Typique régulateur PID dans programme API

013900LIT102	
AI PCS	
Rich MEG Flash	OB1
	12/1
I Input	PV R
R Max Scale	PV COM R
R Min Scale	Scale Min R
R HH	Scale Max R
R H	AHH BO
R L	AH BO
R LL	AL BO
R HH Hyst	ALL BO
R H Hyst	Bad PV BO
R L Hyst	Inhibitio BO
R LL Hyst	HHEnable BO
TI HH Filter	HEnable BO
TI H Filter	LEnable BO
TI L Filter	LLEnable BO
TI LL Filter	HHVal R
BO SQRT Enab	HVal R
BO HH Enable	LVal R
BO H Enable	LLVal R
BO L Enable	
BO LL Enable	
BO Inhibitio	

FIGURE 7.5 – Typique bloc analogique dans programme API

4	
FC	
Fail Closed Val	OB1
	12/24
BO Auto Manu	Discrepan BO
BO Open Cmd	Command BO
BO Closed Cm	Open Stat BO
BO Auto Cmd	Closed St BO
BO ZSH	AutoManu BO
BO ZSL	
TI Disc Time	
BO HMIDCS	
BO Auto Manu	
BO Open Cmd	
BO Closed Cm	

FIGURE 7.6 – Typique de vanne dans programme API

7.4.2 Réalisation de la partie fonctionnelle du MEG

Le développement de la partie fonctionnelle nécessite l'analyse fonctionnelle (voir annexe M) qui est rédigée par l'équipe process de Prosernat et dans laquelle sont détaillés les rôles de chacun des instruments qui opèrent pour le contrôle et le fonctionnement du MEG. En plus de ce document, l'ingénieur application utilise la liste d'entrées-sorties (voir annexe N) afin d'affecter correctement les différents signaux raccordés sur le système.

Certains éléments sont considérés comme critiques et nécessitent une attention particulière quant à leurs fonctionnements, leurs disponibilités et les actions de sécurité exigées. Ces équipements apparaissent dans le document d'entrée « matrice de cause et effet » (voir annexe O) qui permet de détailler la mise en sécurité de pompes et de vannes en fonction de seuils détections provenant d'initiateurs tels que :

- La détection du seuil très bas (LL) dans une cuve aura pour action d'arrêter la pompe en service localisée en aval et aussi de la verrouiller (interlock) pour éviter tout redémarrage sans la prise en compte de ce défaut / anomalie par un opérateur → Action et prise en compte humaine nécessaire
- La détection d'un seuil très haut (HH) dans une cuve aura pour action de fermer la vanne de sécurité (SDV) en amont qui aurait des conséquences graves pour les personnes et aussi l'installation. Un interlock est aussi considéré pour ce type de déclenchement et seul un opérateur peut redémarrer l'installation.

7.4.3 Développement de la supervision

Dans le même principe et pour les mêmes raisons que le développement du programme automate, celui de la supervision nécessite le développement de typiques sous formes de faceplate et de symboles suivants :

Type	Désignation
Faceplate	Transmetteurs analogiques
Faceplate	Régulateurs PID
Faceplate	Gestion des vannes
Faceplate	Gestion des moteurs
Symbole	Pompes
Symbole	Transmetteurs analogiques
Symbole	Vannes

TABLE 7.2 – Types de faceplate et symboles développés

Trois (3) niveaux d'accès sont disponibles à partir de la supervision :

- Guest : Aucun privilège et aucune manœuvre n'est possible. Tous les éléments sont en lecture seule
- Operator : Ce niveau permet d'effectuer certaines opérations telles que l'acquiescement de défaut, la gestion des modes d'opération et de fonctionnement d'un élément tel que les modes auto/manu, les requêtes d'ouverture/fermeture

7.4. PARTIE SOFTWARE

de vannes...

- Engineer : Ce mode donne accès à tous les paramètres des équipements et la possibilité d'effectuer des réglages liés au process tels que les temporisations de discordance d'ouverture/fermetures de vannes, réglages des régulateurs PID...

(a) Faceplate des pompes

La figure ci-dessous (figure 7.7, page 73) représente une faceplate moteur et les tableaux relatifs à la description ainsi que le niveau d'accès disponible :



FIGURE 7.7 – Faceplate d'une pompe

Item	Description
1	Nom de l'équipement
2	Requêtes de démarrage/arrêt pompe
3	Mode auto/manu
4	Mode Local/distance

TABLE 7.3 – Description faceplate des pompes

	Guest	Operateur/Ingénieur
Manu/auto mode	R	RW
Start/stop mode	NA	RW
Mode Local/distance	NA	RW

TABLE 7.4 – Niveaux d'accès faceplate des pompes

Notes :

« R » : « Read only », les valeurs affichées sont à titre indicatif pour l'utilisateur.

« RW » : « Read/Write », les valeurs sont modifiables par l'utilisateur.

« NA » : « Non Applicable », Aucune de ces valeurs n'apparaissent à l'écran.

(b) Faceplate des régulateurs PID

La figure ci-dessous (figure 7.8, page 74) représente une faceplate PID et les tableaux relatifs à la description ainsi que le niveau d'accès disponible :

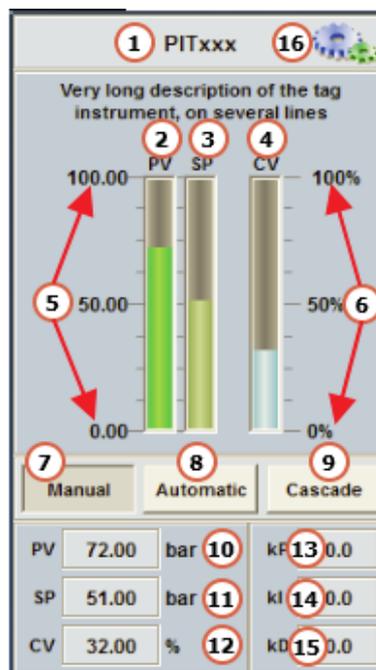


FIGURE 7.8 – Faceplate d'un régulateur PID

7.4. PARTIE SOFTWARE

Item	Description
1	Nom de l'équipement
2	Etat de l'entrée analogique physique
3	Etat de la valeur de consigne
4	Etat de la valeur de sortie
5	Echelles min et max en unités ingénieur
6	Echelles min et max en % ou unités ingénieur en mode cascade seulement
7	Bouton / indicateur du mode manuel
8	Bouton / indicateur du mode auto
9	Bouton / indicateur du mode cascade
10	Indicateur de la valeur process
11	Indicateur / champ d'entrée de la consigne
12	Indicateur / champ d'entrée de la sortie
13	Indicateur / champ d'entrée pour la proportionnelle (kP)
14	Indicateur / champ d'entrée pour l'intégrale (kI)
15	Indicateur / champ d'entrée pour la dérivée (kD)
16	Niveau d'accès ingénieur (seulement visible si connecté en ingénieur)

TABLE 7.5 – Description faceplate régulateur PID

	Guest	Operateur	Ingénieur
Modes manu/auto/cascade	R	RW	RW
Consigne (SP)	R	RW	RW
Valeur de sortie (CV)	R	RW	RW
Action correcteur (kP, kI et kD)	R	R	RW

TABLE 7.6 – Niveaux d'accès faceplate régulateur PID

Un extrait des vues process est disponible en annexe P afin d'apprécier le rendu sur la supervision. Le document contractuel nommé « HMI animated symbols » fait l'objet de détailler et intégrer chaque vue conçue dans la supervision pour le MEG et dont le chef de projet est le rédacteur avec en appui l'ingénieur application.

7.4.4 Mise en oeuvre de la communication

La mise en oeuvre de la communication est tout aussi complexe que le développement et la conception des différents programmes. En effet, dans le cadre du projet Jangkrik, le système MRU PLC doit communiquer avec trois (3) systèmes distincts qui sont :

- Le DCS

- La centrifugeuse Broadbent
- Le PAMS fourni par Honeywell qui utilise le protocole HART

Pour chacun de ces cas, différents logiciels modbus maîtres/esclaves sont utilisés afin de transmettre et recevoir des paquets et s'assurer que les communications sont opérationnelles. L'échange correcte de données prend en compte plusieurs éléments qui sont :

- La configuration du protocole de communication
- Les correcte configuration des adresses maîtres/esclave
- La table d'échange modbus précédemment transmise à Prosernat comprenant l'ensemble des adresses définies dans les différents automates et permettant de transmettre ou recevoir les informations précises de chacun des équipements (voir annexe Q)

(a) Communication avec le DCS

Cette communication fonctionne en modbus TCP et nécessite de simuler un DCS à l'aide d'un logiciel modbus libre gérant le maître / esclave. Le principe est d'utiliser le châssis CPU projet et le connecter à un switch afin de mettre en communication le PC de simulation ainsi que l'IHM pour vérifier les interactions et valider le bon fonctionnement de cette communication.

(b) Communication avec centrifugeuse Broadbent

Cette communication de type modbus RS 485 nécessite une connexion entre la carte de communication de l'automate dédiée modbus RS 485 et le même PC de simulation configuré en mode esclave afin d'être conforme à l'architecture prévue pour le projet et s'assurer que les trames sont correctement transmises dans les deux (2) sens.

(c) Communication avec PAMS d'honeywell

La communication avec le PAMS est simulée de la même manière que pour la centrifugeuse Broadbent. La différence est dans le test du correct fonctionnement du protocole HART provenant du multiplexeur. De manière à s'assurer du bon fonctionnement de ce réseau, l'utilisation d'instruments compatibles HART sont connectés sur les entrées analogiques de l'automate dont le principe est de pouvoir y accéder via le réseau modbus RS 485 disponible sur le module maître du multiplexeur.

7.5 Tests internes

Les tests internes font partie intégrante du processus qualité dont chaque élément est vérifié en appui avec les différents documents ayant servi à la conception du système. Voici les principes de vérification ainsi que les audits que mène le chef de projet afin de valider la potentielle réception du système par le client :

(a) Partie Hardware - Hors tension

Type de vérification	Méthode de vérification	Support	Enregistrement des données
Aspect esthétique de l'armoire	Visuelle	Schémas	Feuille de vérification
Implantation des équipements	Visuelle	Schémas	Feuille de vérification
Repérage des équipements	Visuelle	Schémas	Feuille de vérification
Couleur de la filerie	Visuelle	Schémas	Feuille de vérification
Section de la filerie	Visuelle	Schémas	Feuille de vérification
Vérification du câblage (pas de fils inversés...)	Ohmmètre	Schémas	Feuille de vérification

TABLE 7.7 – Tests internes - Hardware hors tension

(b) Partie Hardware - sous tension

Type de vérification	Méthode de vérification	Support	Enregistrement des données
Alimentation des circuits d'alimentation	Visuelle	Schémas	Feuille de vérification
Vérification des tensions appliquées	Multimètre	Schémas	Feuille de vérification
Mise sous tension de l'automate	Visuelle	Schémas	Feuille de vérification
Mise sous tension IHM	Visuelle	Schémas	Feuille de vérification

TABLE 7.8 – Tests internes - Hardware sous tension

(c) Partie software

Type de vérification	Méthode de vérification	Support	Enregistrement des données
Chargement du programme automate	Dernière version du fichier de programmation (master)	EWS	Feuille de vérification
Chargement du programme IHM dans la supervision	Dernière version du fichier de programmation (master)	EWS	Feuille de vérification
Test des entrées-sorties	Visuelle, multimètre	EWS et schémas	Feuille de vérification
Vérification des vues chargées dans l'IHM	Visuelle	IHM et PFD (vues découpées par le client)	Feuille de vérification
Simulation de fonctionnement	Visuelle	EWS, IHM, automate, analyse fonctionnelle et matrice de cause et effet	Feuille de vérification

TABLE 7.9 – Tests internes - Software

7.6 Réception usine

Les chefs de projets côté fournisseurs et clients organisent de manière conjointe les dates de venue des clients afin d'effectuer la réception du système.

Lors de ces tests, les vérifications restent les mêmes que celles effectuées pendant les tests internes. Le document contractuel permettant de lancer la réception usine du système est nommé le « FAT procedure and record » et est composé des feuilles de tests (voir annexe R) pour les éléments suivants :

- Vérification des documents nécessaires à la réception du système
- Inspection hardware :
 - Inspection visuelle
 - Inspection du câblage
 - Mises sous tension des armoires
 - Vérifications de la redondance de sources de tension
 - Vérification de la redondance de l'automate

7.7. EXPÉDITION

- Vérification des correctes mises à la terre des équipements et structures
- Vérification de la chaîne de défaut
- Vérification des entrées-sorties
- Inspection software :
 - Configuration des châssis
 - Vérification des correctes allocations des entrées-sorties
 - Vérifications de tous les seuils process
 - Vérifications des faceplate et des symboles
 - Vérifications des vues graphiques
 - Tests fonctionnels en accord avec l'analyse fonctionnelle et la matrice de cause et effet
 - Tests de communication

Dans le cas d'une anomalie rencontrée, celle-ci est enregistrée dans cette même procédure et fait l'objet d'une action corrective entreprise par l'ingénieur application (voir annexe S pour un (1) exemple d'anomalie constatée).

Si l'anomalie constatée n'est pas corrigée pendant la réception usine de par les délais restreints de réception, celle-ci reste ouverte et doit être corrigée afin de ne pas empêcher la libération des armoires qui pourrait avoir des impacts financiers sur le projet.

Au terme de cette réception usine, un certificat de réception est signé par tous les partis ce qui permet la libération et l'expédition des armoires pour l'Indonésie.

7.7 Expédition

L'expédition des armoires est finalement effectuée en avion pour des raisons délais serrés avec la livraison de FPU prévu début 2016 ce qui permet une arrivée des armoires en vingt-quatre (24) heures au lieu des quatre (4) semaines annoncées pour une livraison par bateau.

Pour autant, le respect des règles d'emballage et d'expédition restent les mêmes en rapport avec l'offre technique et commerciale ainsi que les exigences du cahier des charges qui imposent une livraison sous caisse SEI4C.

Les armoires sont disjointes et emballées individuellement (voir photos caisses ci-dessous figure 7.9, page 80) dans les caisses pour respecter les contraintes d'acheminement vers les locaux électriques situés au niveau supérieur du FPU.



FIGURE 7.9 – Photos caisses armoires emballées

7.8 Avenants

Au cours de la réalisation du projet plusieurs demandes de modifications sont prises en compte et retardent le développement et la conception du système, en l'occurrence l'émission de certains documents sont impactés par ces demandes tels que :

- L'émission des schémas de câblage du système MRU
- L'émission des schémas des différentes logiques programmées dans l'automate
- L'émission de l'analyse organique

D'autres évènements imprévus tels que la demande d'ajout de barrière anti foudre sur toutes les arrivées provenant de signaux extérieurs ne facilitent pas la tenue des délais quant à la réception de système par le client.

7.8. AVENANTS

Des demandes de vérifications usines hors du contrat initial sont requises par le client afin de réaliser des tests de communication avec le fournisseur de la centrifugeuse.

La demande d'évaluation du niveau de SIL de trois (3) boucles de sécurité sont ajoutées à ces demandes. Toutes ces demandes émanant de Prosernat sont évaluées et des propositions techniques et commerciales sont rédigées par le chef de projet et transmises pour validation à Prosernat afin de permettre l'exécution de ces demandes supplémentaires.

Conclusion

La réception du système a été effectuée et validée avec succès par les clients Prosernat et Saipem mais pour autant, ce projet n'est pas encore terminé car certains retours de documents contractuels validés n'ont pas encore été remis et ne permettent pas l'émission de la documentation finale du projet qui marque par la même occasion l'approbation de Prosernat pour le dernier terme de paiement.

Une mission de plusieurs jours est prévue au 2^e semestre 2016 afin de détacher une équipe de spécialistes hardware et software pour la réception du système en Indonésie à bord du FPU Jankrik.

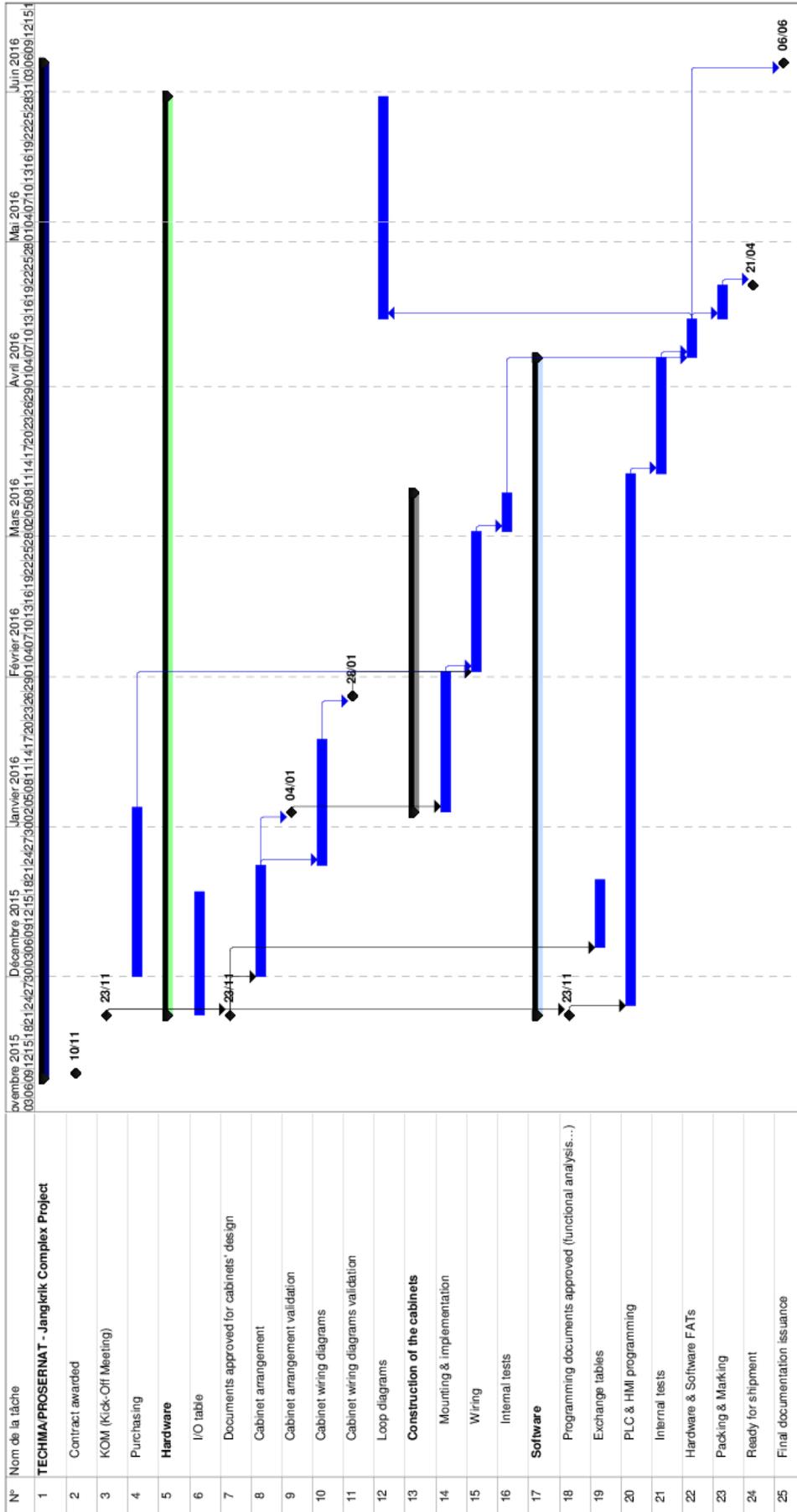
A l'issue de ces tests validés sur site, une mission sera effectuée par un (1) spécialiste dans l'objectif de fournir une assistance au démarrage pour une durée de quatre (4) semaines.

Annexes

Annexe A

Planning projet

ANNEXE A. PLANNING PROJET



Annexe B

Calculs des consommateurs électriques

ANNEXE B. CALCULS DES CONSOMMATEURS ÉLECTRIQUES

Item	User	Tag	Max. Consumption A	Work rating	Average Consumption A	Peak start Consumption A (delay < 1ms)	Calibre	Observation
1	Lamp 10LD01 (power on indicator)	X24VDC-LEDS182	0,50	100%	0,50		Fuse 500mA(F)	
2	Lamp 15LD01 (cabinet fault indicator)	X24VDC-LEDS344	0,50	100%	0,50		Fuse 500mA(F)	
3	Cabinet fault relay 15KA01	XFAULT	0,02	100%	0,02		Fuse 100mA(F)	
4	Panel I/O PC01	11Q01	0,70	100%	0,70		CB C2A	
5	Switch Ethernet 11ETHS01	11Q03	0,13	100%	0,13		CB C2A	Inrush current = 1,1A
6	Switch Ethernet 11ETHS11	11Q13	0,13	100%	0,13		CB C2A	Inrush current = 1,1A
7	HART Master Multiplexer 12OP01	11Q02	0,13	100%	0,13		CB C1A	
8	PCS I/O Rack 1 - IM153-2HF A		0,65	100%	0,65		Fuse 3,15A(T)	Inrush current = 3A
9	PCS I/O Rack 2 - IM153-2HF A		0,65	100%	0,65		Fuse 3,15A(T)	Inrush current = 3A
10	Total	11Q04			1,30		CB C10A	
11	PCS I/O Rack 1 - IM153-2HF B		0,65	100%	0,65		Fuse 3,15A(T)	Inrush current = 3A
12	PCS I/O Rack 2 - IM153-2HF B		0,65	100%	0,65		Fuse 3,15A(T)	Inrush current = 3A
13	Total	11Q14			1,30		CB C10A	
14	PCS I/O Rack 1 - Slot 4		0,18	75%	0,13		Fuse 250mA(F)	Channel destruction limit = 32mA / 8 channels
15	PCS I/O Rack 1 - Slot 5		0,18	75%	0,13		Fuse 250mA(F)	Channel destruction limit = 32mA / 8 channels
16	PCS I/O Rack 1 - Slot 6		0,18	75%	0,13		Fuse 250mA(F)	Channel destruction limit = 32mA / 8 channels
17	PCS I/O Rack 1 - Slot 7		0,18	75%	0,13		Fuse 250mA(F)	Channel destruction limit = 32mA / 8 channels
18	PCS I/O Rack 1 - Slot 8		0,18	75%	0,13		Fuse 250mA(F)	Channel destruction limit = 32mA / 8 channels
19	PCS I/O Rack 1 - Slot 9		0,18	75%	0,13		Fuse 250mA(F)	Channel destruction limit = 32mA / 8 channels
20	PCS I/O Rack 1 - Slot 10		0,18	75%	0,13		Fuse 250mA(F)	Channel destruction limit = 32mA / 8 channels
21	PCS I/O Rack 1 - Slot 11		0,18	75%	0,13		Fuse 250mA(F)	Channel destruction limit = 32mA / 8 channels
22	PCS I/O Rack 1 - Slot 12		0,18	38%	0,07		Fuse 250mA(F)	Channel destruction limit = 32mA / 8 channels
23	PCS I/O Rack 1 - Slot 13		0,34	63%	0,21		Fuse 500mA(F)	Current consumption from L+ = 340mA max.
24	PCS I/O Rack 1 - Slot 14		0,34	63%	0,21		Fuse 500mA(F)	Current consumption from L+ = 340mA max.
25	PCS I/O Rack 1 - Slot 15		0,34	63%	0,21		Fuse 500mA(F)	Current consumption from L+ = 340mA max.
26	Total	X24VDC-CARDS-RACK1			1,76			
27	PCS I/O Rack 2 - Slot 4		0,22	81%	0,18		Fuse 250mA(F)	Current for I-Signal = 7mA typical / 32 channels
28	PCS I/O Rack 2 - Slot 5		0,22	81%	0,18		Fuse 250mA(F)	Current for I-Signal = 7mA typical / 32 channels
29	PCS I/O Rack 2 - Slot 6		0,22	78%	0,18		Fuse 250mA(F)	Current for I-Signal = 7mA typical / 32 channels
30	PCS I/O Rack 2 - Slot 7		0,22	81%	0,18		Fuse 250mA(F)	Current for I-Signal = 7mA typical / 32 channels
31	PCS I/O Rack 2 - Slot 8		0,22	56%	0,13		Fuse 250mA(F)	Current for I-Signal = 7mA typical / 32 channels
32	PCS I/O Rack 2 - Slot 9		10,67	50%	5,33		Fuse 16A(F)	Digital outputs loads= 8W per solenoid / 32 channels
33	PCS I/O Rack 2 - Slot 10		10,67	72%	7,67		Fuse 16A(F)	Digital outputs loads= 8W per solenoid / 32 channels
34	PCS I/O Rack 2 - Slot 11		10,67	72%	7,67		Fuse 16A(F)	Digital outputs loads= 8W per solenoid / 32 channels
35	PCS I/O Rack 2 - Slot 12		0,10	100%	0,10		Fuse 250mA(F)	
36	Total	X24VDC-CARDS-RACK2			21,61			
Total 09DB22 24Vdc					27,06			
37	ESD I/O Rack 3 - IM153-2HF A		0,65	100%	0,65		Fuse 3,15A(T)	Inrush current = 3A
38	ESD I/O Rack 4 - IM153-2HF A		0,65	100%	0,65		Fuse 3,15A(T)	Inrush current = 3A
39	Total	13Q01			1,30		CB C10A	
40	ESD I/O Rack 3 - IM153-2HF B		0,65	100%	0,65		Fuse 3,15A(T)	Inrush current = 3A
41	ESD I/O Rack 4 - IM153-2HF B		0,65	100%	0,65		Fuse 3,15A(T)	Inrush current = 3A
42	Total	13Q11			1,30		CB C10A	
43	Profibus termination (x2)	X24VDC-PBT	0,06	100%	0,06		Fuse 100mA	
44	ESD I/O Rack 3 - Slot 4		0,28	67%	0,19		Fuse 250mA(F)	Current consumption from L+ = 150mA typical + Inputs / 6 channels
45	ESD I/O Rack 3 - Slot 5		0,28	67%	0,19		Fuse 250mA(F)	Current consumption from L+ = 150mA typical + Inputs / 6 channels
46	ESD I/O Rack 3 - Slot 6		0,28	67%	0,19		Fuse 250mA(F)	Current consumption from L+ = 150mA typical + Inputs / 6 channels
47	ESD I/O Rack 3 - Slot 7		0,28	67%	0,19		Fuse 250mA(F)	Current consumption from L+ = 150mA typical + Inputs / 6 channels
48	ESD I/O Rack 3 - Slot 8		0,28	83%	0,24		Fuse 250mA(F)	Current consumption from L+ = 150mA typical + Inputs / 6 channels
49	ESD I/O Rack 3 - Slot 9		0,28	83%	0,24		Fuse 250mA(F)	Current consumption from L+ = 150mA typical + Inputs / 6 channels
50	ESD I/O Rack 3 - Slot 10		0,28	67%	0,19		Fuse 250mA(F)	Current consumption from L+ = 150mA typical + Inputs / 6 channels
51	Total	X24VDC-CARDS-RACK3			1,41			
52	ESD I/O Rack 4 - Slots 4		0,45	17%	0,08		Fuse 500mA(F)	Current consumption from L+ = 450mA max.
53	ESD I/O Rack 4 - Slot 5		3,43	80%	2,75		Fuse 5A(F)	Current consumption from 1L+ = 100mA max. + DO loads
54	ESD I/O Rack 4 - Slot 6		3,43	80%	2,75		Fuse 5A(F)	Current consumption from 1L+ = 100mA max. + DO loads
55	ESD I/O Rack 4 - Slot 7		3,43	70%	2,40		Fuse 5A(F)	Current consumption from 1L+ = 100mA max. + DO loads
56	ESD I/O Rack 4 - Slot 8		3,43	60%	2,06		Fuse 5A(F)	Current consumption from 1L+ = 100mA max. + DO loads
57	Total	X24VDC-CARDS-RACK4			10,03			
Total 09DB23 24Vdc					14,10			
Total 09DB21 24Vdc			09Q05 / 09Q15 / 09Q06 / 09Q16		42,16		CB C40A	
Total 09DB21 with spare (20%)					50,62			4 * POWER SUPPLY (230VAC/24VDC - 40A)

Annexe C

Calculs de la dissipation de calorifique

ANNEXE C. CALCULS DE LA DISSIPATION DE CALORIFIQUE

HEAT DISSIPATION & VENT CALCULATION (M3/H)			
Altitude of enclosure establishment	10 m		
Max. temperature supported inside enclosure	40 °C		<= Limit of PLC equipment max temperature
Design max. temperature inside enclosure	40 °C		
Design max. temperature outside enclosure	26 °C		
Design min. temperature inside enclosure	0 °C		
Design min. temperature outside enclosure	24 °C		
Enclosure sizing	Overall length 2,4 metre Total depth 0,8 metre Total height 2,1 metre		Caste Al K = 13,2 W/m².K (λ = 110 W/m.K / 20°C) Steel K = 5,5 W/m².K (λ = 48 W/m.K / 20°C) SS 304L K = 3,1 W/m².K (λ = 26 W/m.K / 20°C) SS 316L K = 1,8 W/m².K (λ = 15 W/m.K / 20°C)
Enclosure material	K = 5,5 W/m².K		
Effective surface /standard of assembly		14,78 m2	Only enclosure on feet, free on all sides
		12,77 m2	Only enclosure against a wall* ("rear side not free)
	2	14,11 m2	First or last enclosure in a suite, free-standing
		12,10 m2	First or last enclosure in a suite, against a wall*
	1	13,44 m2	Enclosure within a suite, free-standing
		11,42 m2	Enclosure within a suite, against a wall*
		10,08 m2	Embedded enclosure
Heat emission by the components	432 W		
Natural convection vent			
Low window section	0,0625 m2		
Low window filter coefficient	0,4		Reducing coefficient by filter (0,4 with & 1 without)
Low window position	0,225 m		To ground
High window section necessary	0,07 m2		To be adjust with coefficient if filter used
High window position	1,65 m		To ground
Heat dissipated by natural convection vent	166 W		Natural convection vent is INSUFFICIENT
Residual heat emission by components	332 W		
Delta T max. inside enclosure by surface convection	4 °C		Dissipation by surface convection is SUFFICIENT
Max. T inside enclosure with surface convection	30 °C		With temperature outside = 26°C
Min. T inside enclosure with surface convection	28 °C		With temperature outside = 24°C
Min. Heat dissipated by surface convection	1069 W		With temperature outside = 26°C
Necessary flow ventilator	NA M3/h		
Max. Heat dissipated by surface convection	1222 W		With temperature outside = 24°C
Necessary heating unit	NA W		
Flow ventilator installed	0 M3/h		
Max. T inside enclosure with vent	30 °C		With temperature outside = 26°C
Heating unit installed	0 W		
Min. T inside enclosure with Heating	28 °C		With temperature outside = 24°C
Operator part			
Calculated part			

Annexe D

Supplier Documentation List Register

ANNEXE D. SUPPLIER DOCUMENTATION LIST REGISTER

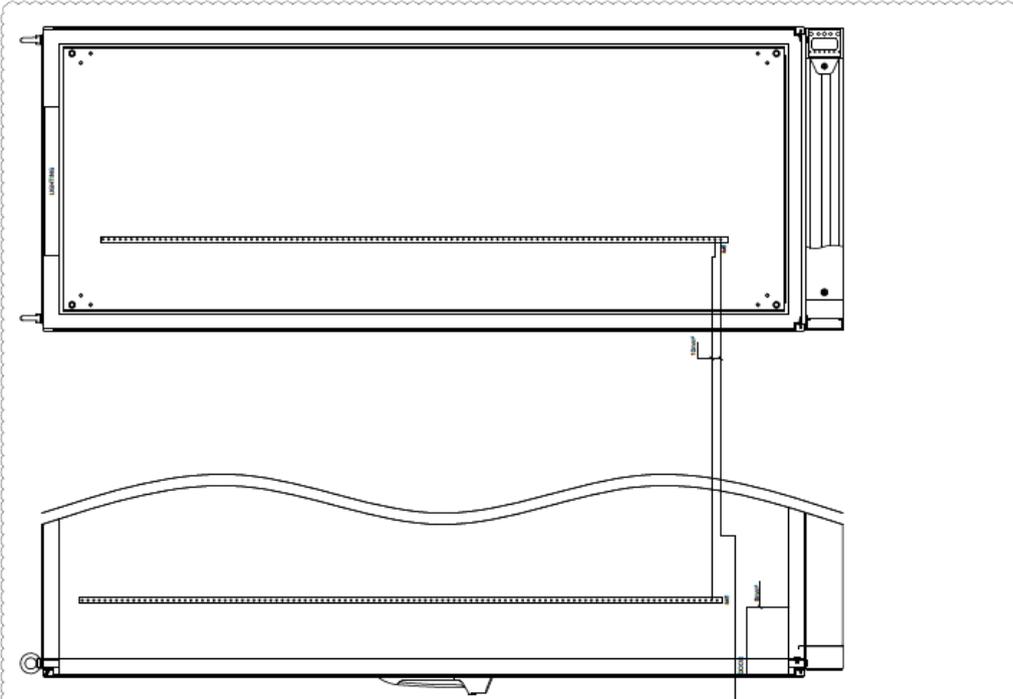
PNT Doc Number	Rev	Client Number	Final client doc number	Document Title	Originator	From Supplier Planned	From Supplier Effective
41373-78-002	0A	F12515-PRO-001-INS-DGM-PR395	220801DIFLPR395	M.R.U. - Instruments Loops diagram	TECHMA S.A.	17/11/2015	06/06/2016
41373-81-001	0A	F12515-PRO-001-INS-DTS-PR397	220801DIGAPR397	M.R.U. - Unit Control Panel - Data sheet	TECHMA S.A.	15/12/2015	
41373-81-002	0A	To be provided later	To be provided later	M.R.U. - Unit Control Panel - HMI animated symbols	TECHMA S.A.	26/01/2016	
41373-82-001	0A	F12515-PRO-001-INS-DWG-PR398	220801DIDAPR398	M.R.U. - Unit Control Panel - Cabinet General Arrangement drawing	TECHMA S.A.	12/01/2016	
41373-83-001	0A	F12515-PRO-001-INS-DGM-PR399	220801DIEHPR399	M.R.U. - Unit Control Panel - Wiring Diagram	TECHMA S.A.	22/12/2015	
41373-84-003	0A	F12515-PRO-001-INS-DGM-PR401	220801DIFCPR401	M.R.U. - Unit Control Panel - Logic Diagram	TECHMA S.A.	19/01/2016	
41373-85-001	00	F12515-PRO-001-INS-LST-PR402	220801DIEHPR402	M.R.U. - Unit Control Panel - Input / Output List	TECHMA S.A.	08/12/2015	24/04/2016
41373-85-002	0A	F12515-PRO-001-INS-DGM-PR403	220801DIEIPR403	M.R.U. - Unit Control Panel Exchange Table	TECHMA S.A.	22/12/2015	
41373-86-001	0A	F12515-PRO-001-QUA-ITP-PR404	220801DBSSPR404	M.R.U. - Unit Control Panel - Inspection and Test Plan	TECHMA S.A.	15/12/2015	
41373-86-002	0A	F12515-PRO-001-PCO-PRO-PR405	220801DWSSPR405	M.R.U. - Unit Control Panel - FAT Procedure and Record	TECHMA S.A.	15/12/2015	
41373-87-002	0A	F12515-PRO-001-INS-CAL-PR406	220801DICAPR406	M.R.U. - Unit Control Panel - SIL Loop Calculation sheets	TECHMA S.A.	26/01/2016	Not foreseen as per RFQ
41373-87-003	0A	To be provided later	To be provided later	M.R.U. - Unit Control Panel - Power consumption and Heat emission calculations	TECHMA S.A.	01/12/2015	
41373-89-001	0A	F12515-PRO-001-INS-MAN-PR407	220801DIMOPR407	M.R.U. - Unit Control Panel - Operating Manuals	TECHMA S.A.	26/01/2016	
41373-89-901	0A			M.R.U. - Unit Control Panel - Spare Part List for commissioning	TECHMA S.A.	12/01/2016	
41373-89-911	0A			M.R.U. - Unit Control Panel - Spare Parts List for 2 years operation	TECHMA S.A.	12/01/2016	
41373-92-901	0A			M.R.U. - Unit Control Panel - Project Execution Schedule	TECHMA S.A.	24/11/2015	
41373-94-901	0A			M.R.U. - Unit Control Panel - Packaging, handling and Storage procedure	TECHMA S.A.	09/02/2016	
41373-97-901	0A			M.R.U. - Internals - SUPPLIER DOCUMENT REGISTER LIST - TECHMA	TECHMA S.A.	17/11/2015	12/06/2016
41373-99-901	0A			M.R.U. - Unit Control Panel - Packing List with packing note	TECHMA S.A.	20/04/2016	

Annexe E

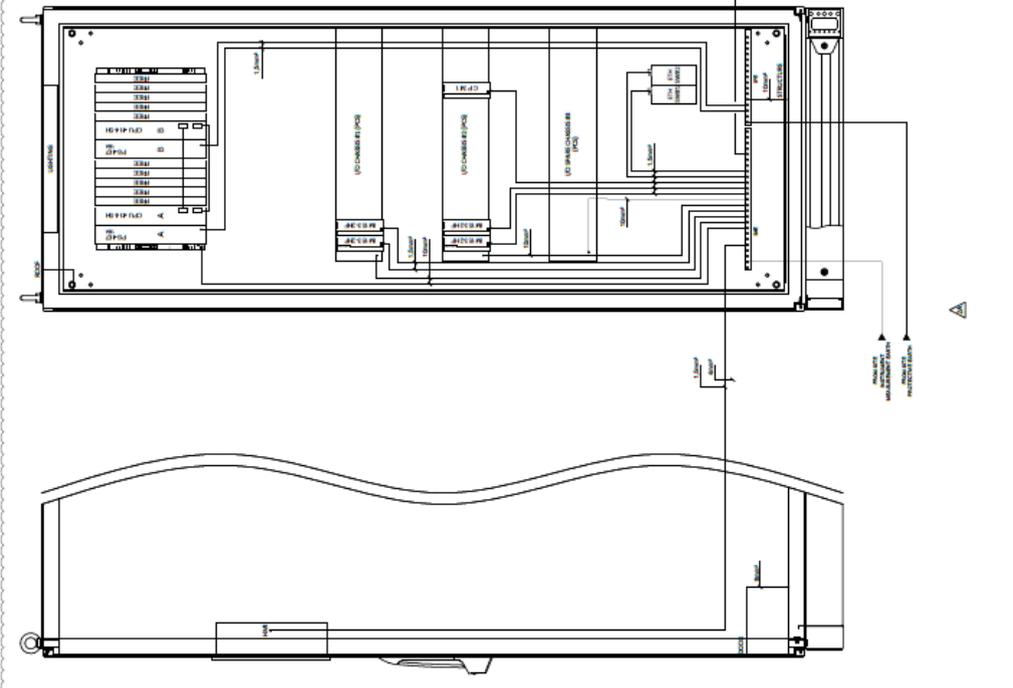
Extrait du réseau de terre

ANNEXE E. EXTRAIT DU RÉSEAU DE TERRE

013900 JK 002 B
INTERNAL LEFT SIDE VIEW



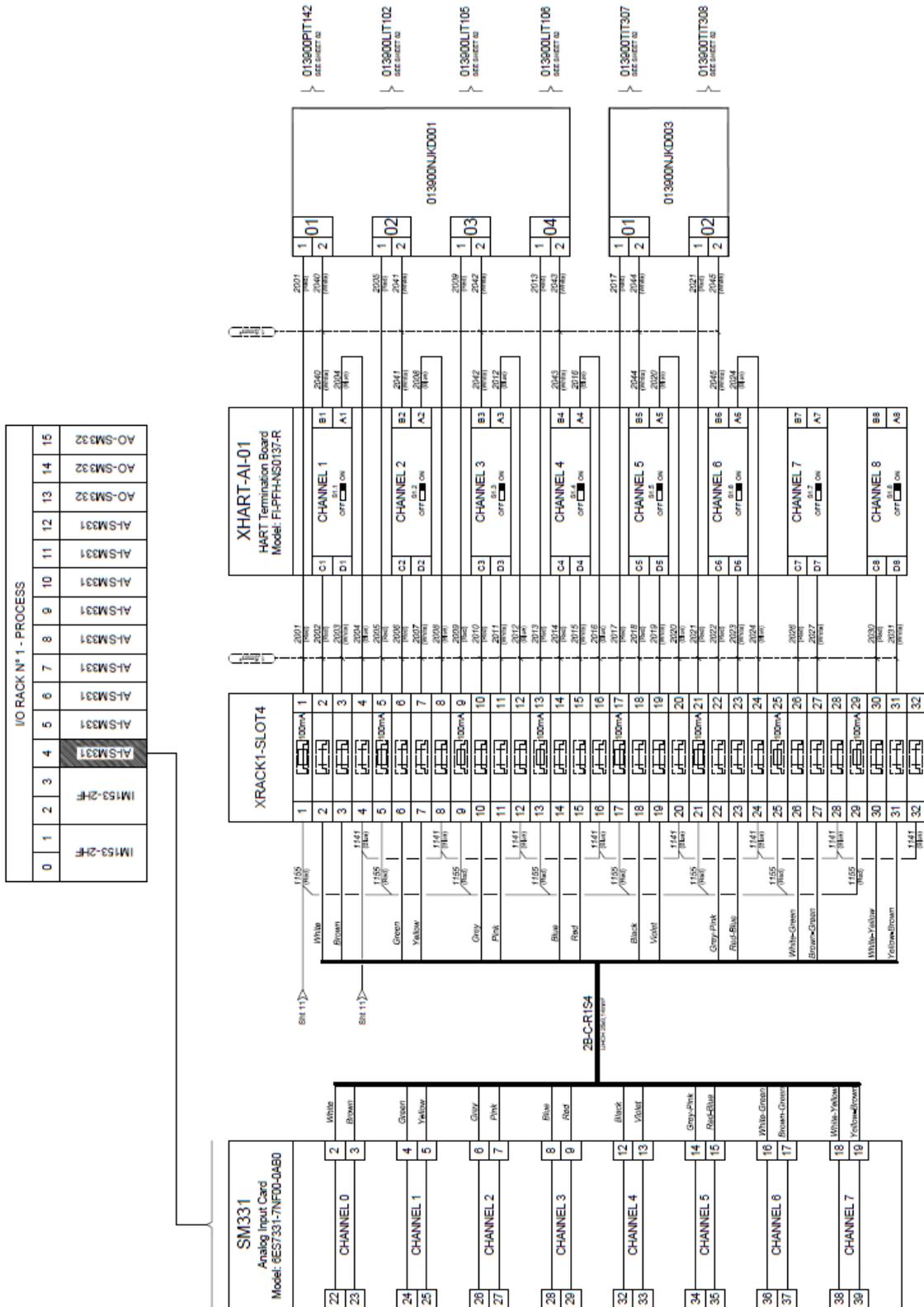
013900 JK 002 A
INTERNAL FRONT VIEW



Annexe F

Extrait des schémas de câblage - AI partie PCS

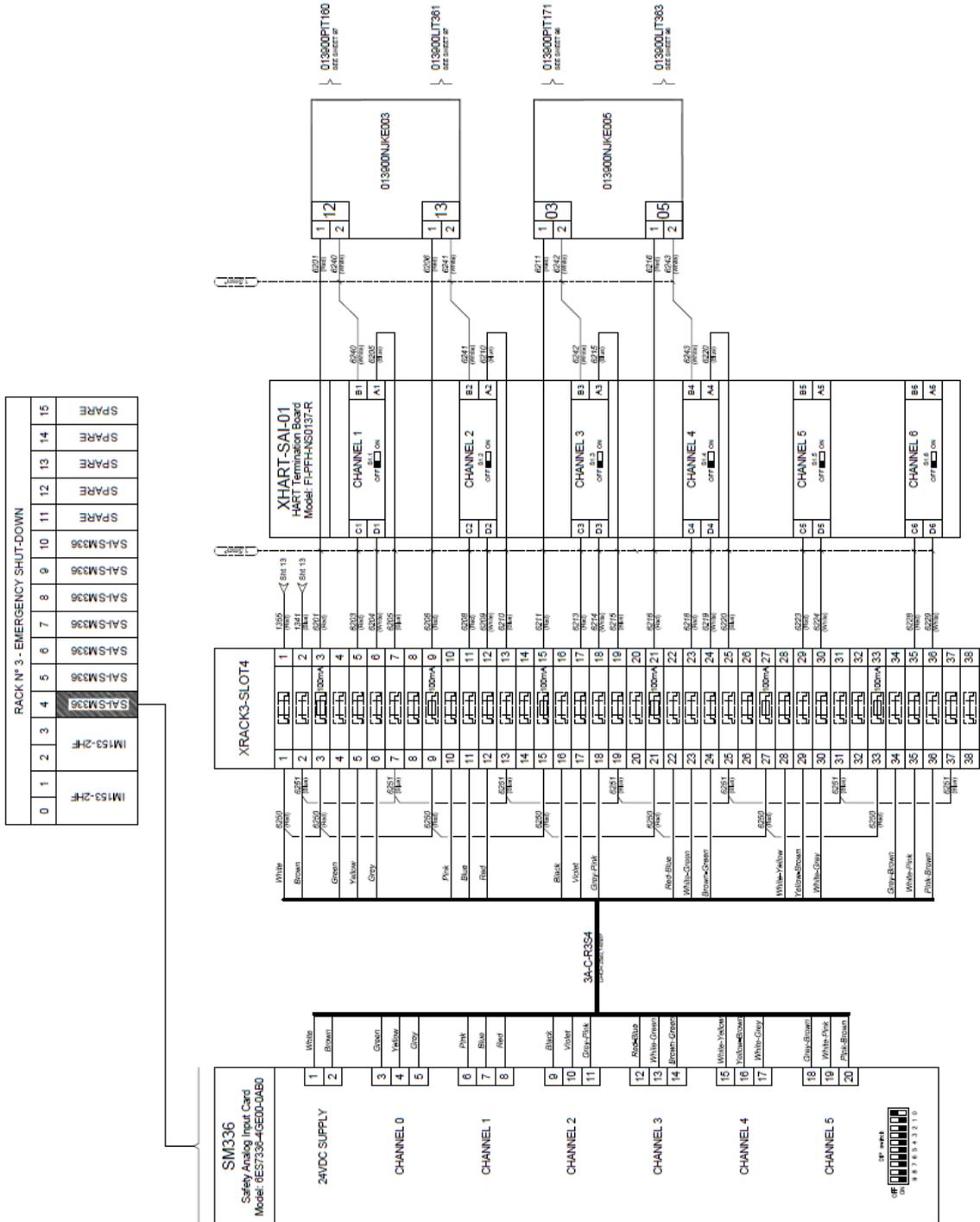
ANNEXE F. EXTRAIT DES SCHEMAS DE CÂBLAGE - AI PARTIE PCS



Annexe G

Extrait des schémas de câblage - AI partie ESD

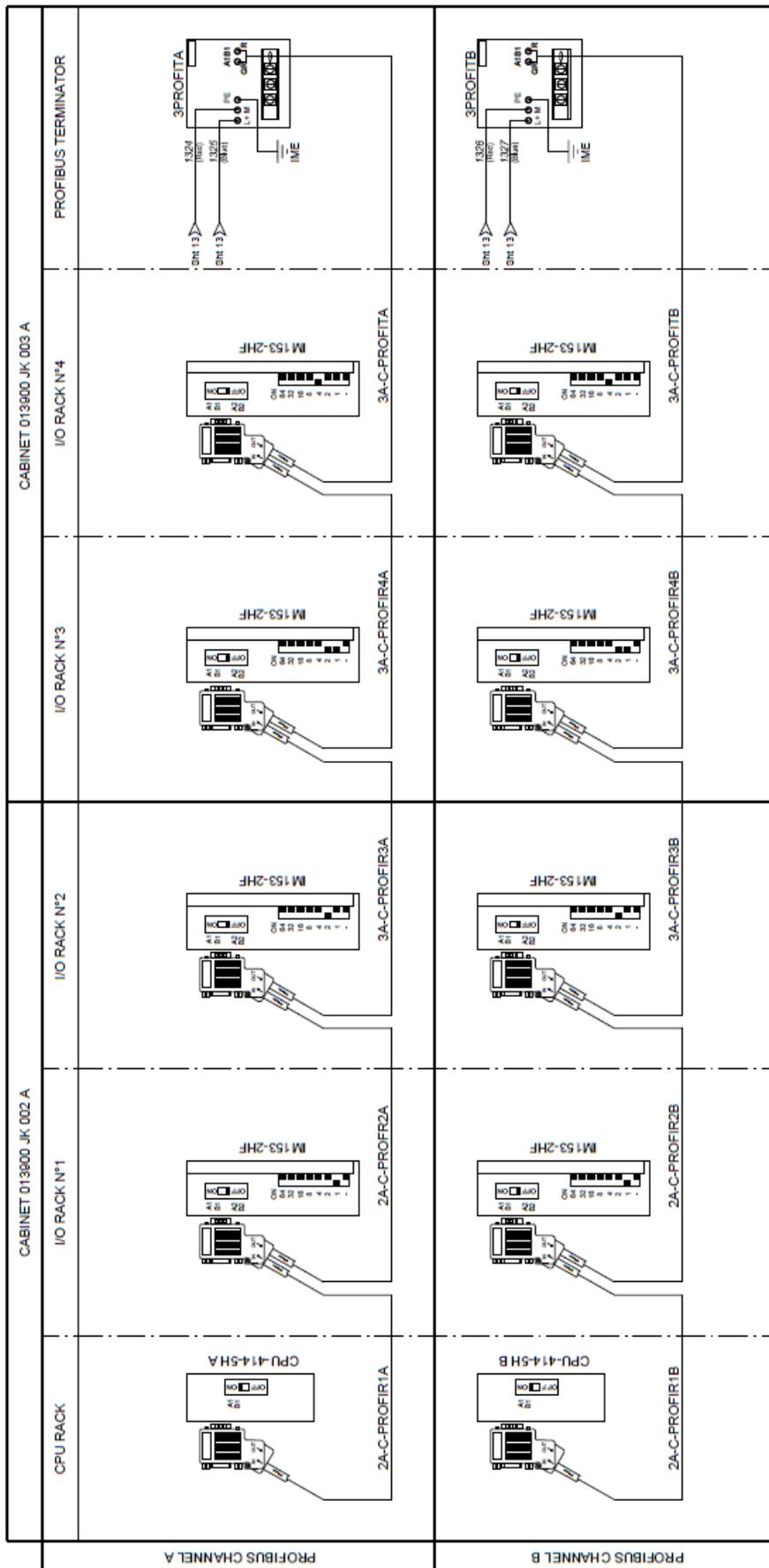
ANNEXE G. EXTRAIT DES SCHÉMAS DE CÂBLAGE - AI PARTIE ESD



Annexe H

Extrait des schémas de câblage - Réseau Profibus

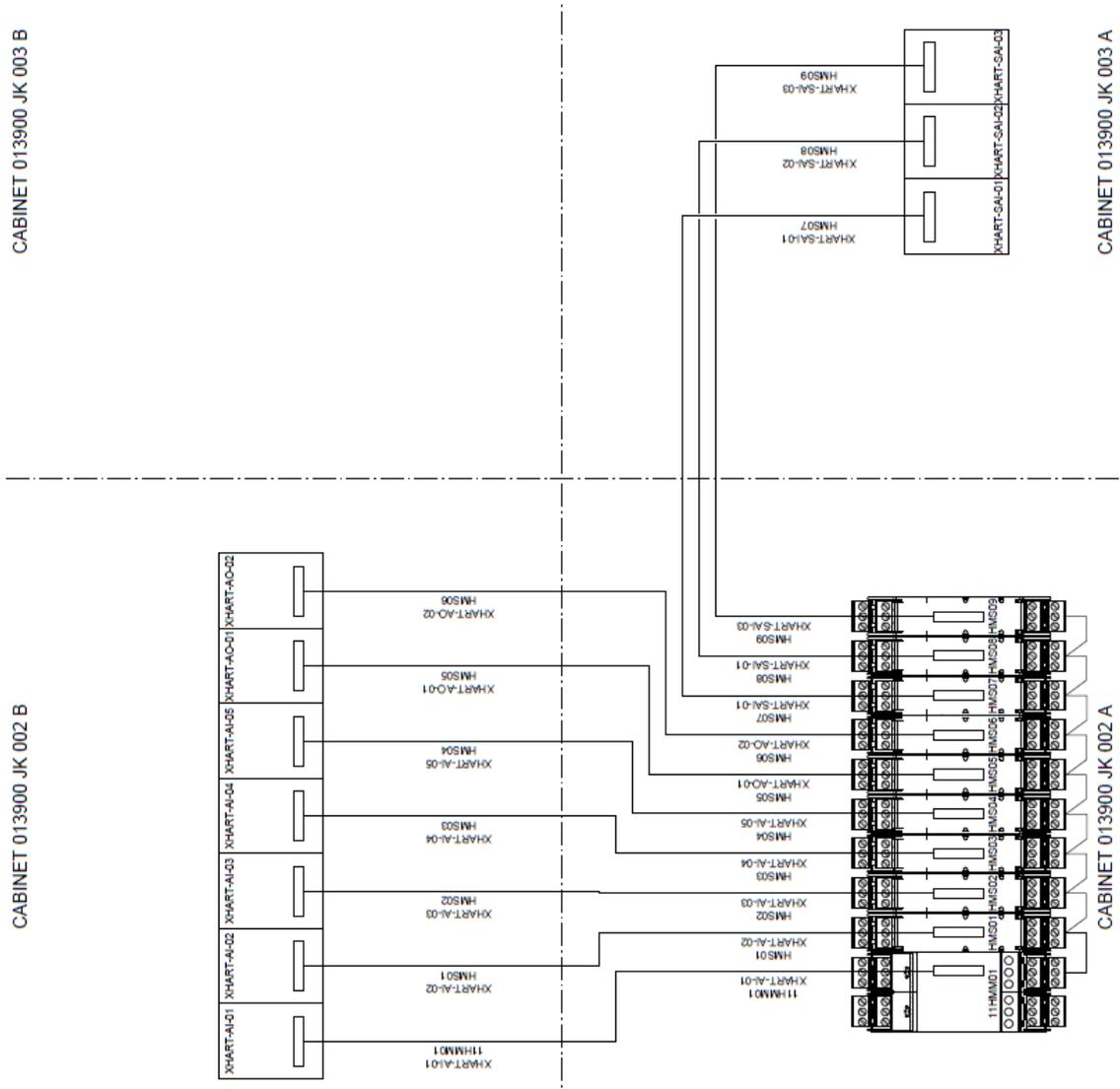
ANNEXE H. EXTRAIT DES SCHÉMAS DE CÂBLAGE - RÉSEAU PROFIBUS



Annexe I

Extrait des schémas de câblage - Réseau HART

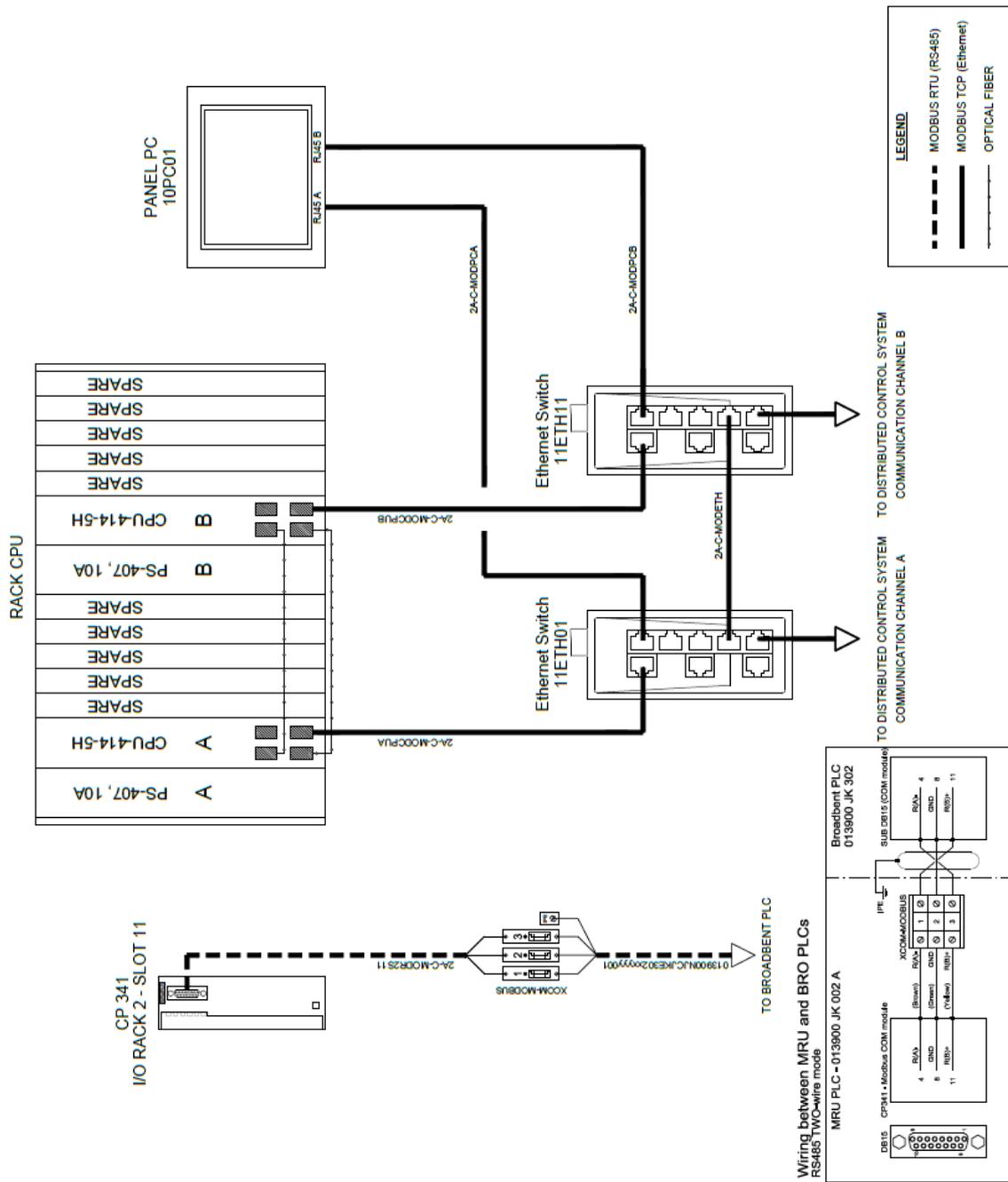
ANNEXE I. EXTRAIT DES SCHÉMAS DE CÂBLAGE - RÉSEAU HART



Annexe J

Extrait des schémas de câblage - Réseaux Modbus

ANNEXE J. EXTRAIT DES SCHEMAS DE CÂBLAGE - RÉSEAUX MODBUS



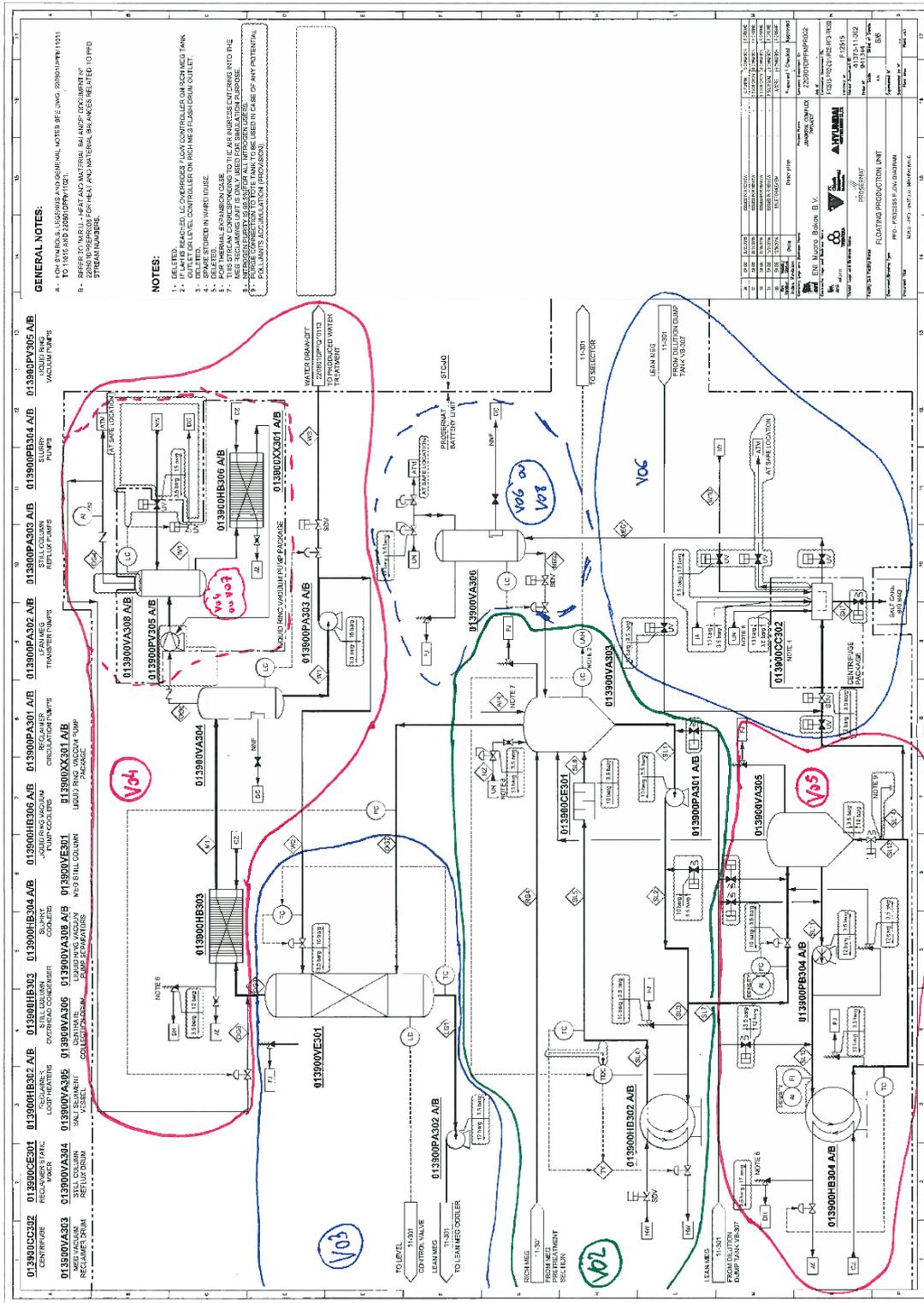
Annexe K

Vues PFD découpées 1/2

Annexe L

Vues PFD découpées 2/2

ANNEXE L. VUES PFD DÉCOUPÉES 2/2



Annexe M

Extrait de l'analyse fonctionnelle

 Eni Muara Bakau B.V.	220801DPRVPR051	Revision Index		Sheet of Sheets 58 of 74
		Rev Number	Validity Status	
	M.R.U. – Process Description and Functional Analysis	03	EX-DE	

14 STILL COLUMN OVERHEAD CONDENSER 013900HB303 & STILL COLUMN REFLUX DRUM 013900VA304

14.1 Process Description

Vapors exiting the top of the MEG Still Column (013900VE301) are condensed in the Still Column Overhead Condenser (013900HB303). The condensed water enters the Still Column Reflux Drum (013900VA304) at 40 °C where liquid water is separated from any non-condensable vapors. Water from Still Column Reflux Drum (013900VA304) is then pumped via Still Column Reflux Pumps (013900PA303 A/B). A part of the water is used as reflux water and returned to the MEG Still Column (013900VE301) thanks to FV-136. The other part of the produced water is then sent to the Produced Water Treatment Package (out of Prosernat Scope) thanks to LV-114.

A hydrocarbon skimming bucket is provided in the Still Column Reflux Drum to avoid potential accumulation of hydrocarbons; these hydrocarbons will be sent to the Hydrocarbons drain.

14.2 Control and monitoring description

14.2.1 Still Column Overhead Condenser (water vapor side): Temperature monitoring Loop TIT/TI-328

Description / Function : Still Column Overhead condenser outlet temperature is monitored by temperature indicator TI-328. The opening of the manual control valve TV-219 is manually adjusted in order to have a maximum temperature of 40°C at the outlet of the Still Column Overhead Condenser.

Location : The temperature indicator transmitter TIT-328 is installed on the Still Column Overhead Condenser water vapor outlet line 013900PW322-4"-55A-N and is readable from the manual control valve TV-219.

Action : The temperature indicator TI-328 provides one alarm TAH-328.
The manual control valve TV-219 provides a position transmitter ZI-219 to indicate the actual opening of the valve to operators.

Set point / Alarms : Refer to Process Data for Instruments, document number 220801DPGAPR049 (41373-16-101)

14.2.2 Still Column Overhead Condenser (Cooling Water side): Temperature monitoring Loop TIT/TI-329 and TIT/TI-330

Description / Function : Still Column Overhead condenser inlet/outlet temperature is monitored by temperature indicators TI-329 and TI-330.

Location : The temperature indicator transmitter TIT-329 is installed on the Still Column Overhead Condenser (cooling water side) inlet line 013900CW363-12"-09A-V.

Annexe N

Extrait de la liste d'entrées-sorties

ANNEXE N. EXTRAIT DE LA LISTE D'ENTRÉES-SORTIES

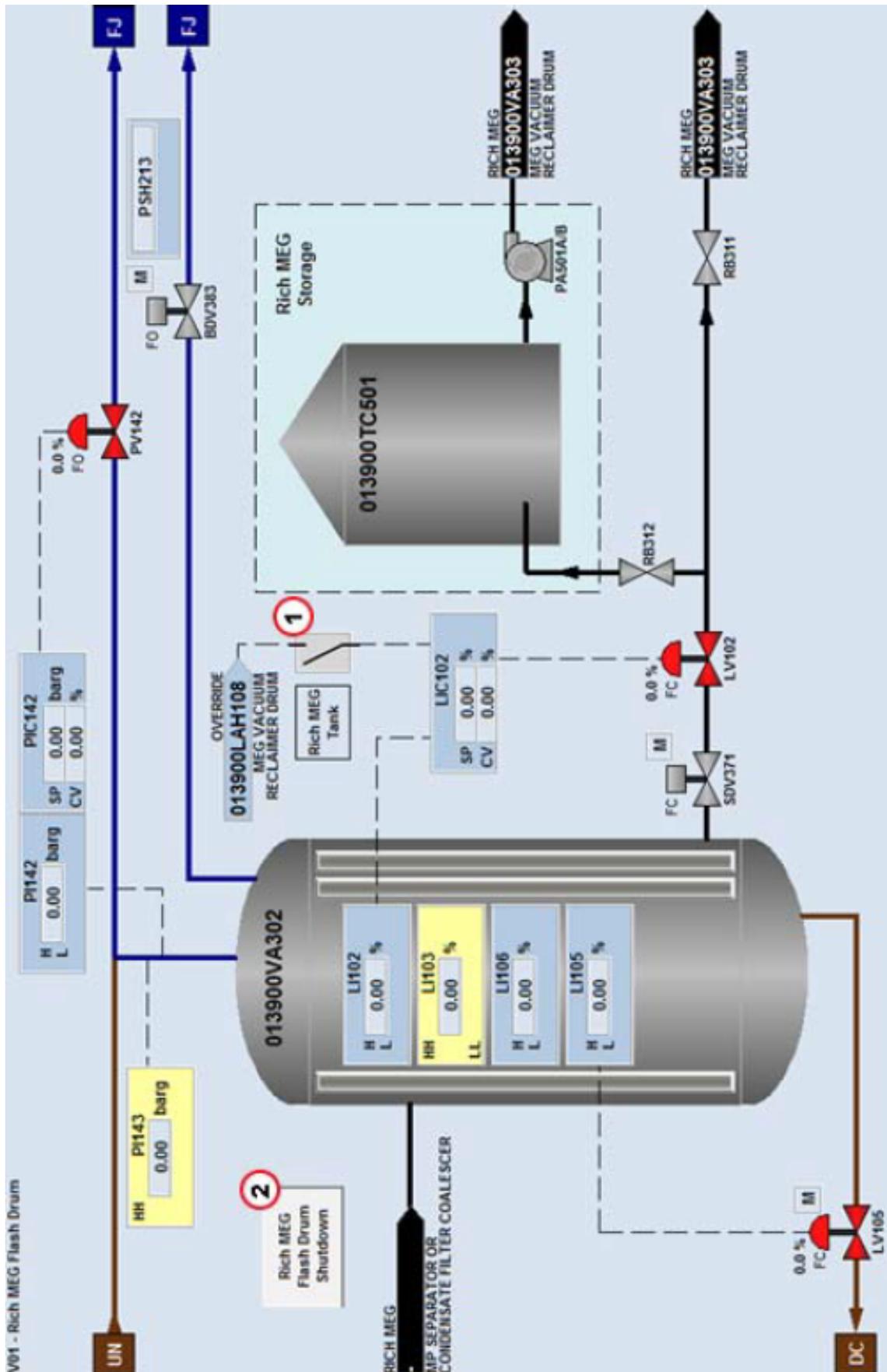
Rev	Item	Loop	MRU PLC Tag	MRU PLC Description	P&ID	Signal			MRU System cabinet			Additional comments	
						Type	PCS/ESD	State	RELAY	Rack	Slot		Channel
3A	1	013900P142	013900PT142	Vapor from Rich MEG Flash Drum 013900VA302	41373-12-101	AI	PCS	-	-	1	4	1	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	2	013900P142	013900PV142	HC Vapor from Rich MEG Flash Drum 013900VA302	41373-12-101	AO	PCS	-	-	1	13	1	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	3	013900P143	013900PT143	Vapor from Rich MEG Flash Drum 013900VA302	41373-12-101	AI	ESD	-	-	3	8	1	ESD JB ↔ MRU PLC
3A	4	013900L103	013900LT103	Rich MEG Flash Drum 013900VA302 (MEG Outlet Compartment)	41373-12-101	AI	ESD	-	-	3	8	2	ESD JB ↔ MRU PLC
3A	5	013900L102	013900LT102	Rich MEG Flash Drum 013900VA302 (MEG Outlet Compartment)	41373-12-101	AI	PCS	-	-	1	4	2	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	6	013900L102	013900LV102	Rich MEG Flash Drum 013900VA302 (HC Skimming Bucket)	41373-12-101	AO	PCS	-	-	1	13	2	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	7	013900L105	013900LV105	Liquid HC from Rich MEG Flash Drum 013900VA302	41373-12-101	AI	PCS	-	-	1	4	3	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	8	013900L105	013900LV105	Rich MEG Flash Drum 013900VA302 (HC Skimming Bucket)	41373-12-101	AO	PCS	-	-	1	13	3	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	9	013900L106	013900LV106	Rich MEG Flash Drum 013900VA302	41373-12-101	AI	PCS	-	-	1	4	4	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	10	013900S0371	013900SV371	Rich MEG from Rich MEG Flash Drum 013900VA302	41373-12-101	DO	ESD	1=Open	NO	4	5	1	ESD JB ↔ MRU PLC
3A	11	013900S0371	013900SV371	Rich MEG from Rich MEG Flash Drum 013900VA302	41373-12-101	DO	ESD	1=Open	NO	4	6	1	ESD JB ↔ MRU PLC
3A	12	013900S0371	013900SV371	Rich MEG from Rich MEG Flash Drum 013900VA302	41373-12-101	DI	PCS	1=Open	NO	4	24	4	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	13	013900S0371	013900SV371	Rich MEG from Rich MEG Flash Drum 013900VA302	41373-12-101	DI	PCS	1=Closed	-	2	4	25	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	14	013900S0371	013900SV371	Rich MEG from Rich MEG Flash Drum 013900VA302	41373-12-101	DI	PCS	1=Open	NO	4	5	9	ESD JB ↔ MRU PLC
3A	15	013900S0371	013900SV371	Vapor from Rich MEG Flash Drum 013900VA302	41373-12-101	DO	ESD	1=Open	NO	4	6	9	ESD JB ↔ MRU PLC
3A	16	013900S0371	013900SV371	Vapor from Rich MEG Flash Drum 013900VA302	41373-12-101	DI	PCS	1=Open	-	2	5	24	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	17	013900S0371	013900SV371	Vapor from Rich MEG Flash Drum 013900VA302	41373-12-101	DI	PCS	1=Closed	-	2	5	25	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	18	013900S0371	013900SV371	BDV tank air	41373-12-101	DI	PCS	1=Alarm	-	2	5	26	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	19	013900T307	013900TV307	Lean MEG from Lean MEG Cooler 013900HB305	41373-12-102	AI	PCS	-	-	1	4	5	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	20	013900T308	013900TV308	Cooling Water to Lean MEG Cooler 013900HB305	41373-12-102	AI	PCS	-	-	1	4	6	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	21	013900T309	013900TV309	Cooling Water from Lean MEG Cooler 013900HB305	41373-12-102	AI	PCS	-	-	1	5	1	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	22	013900T310	013900TV310	Lean MEG from Lean MEG Cooler 013900HB305	41373-12-102	AI	ESD	-	-	3	8	3	ESD JB ↔ MRU PLC
3A	23	013900T218	013900TV218	Outlet Lean MEG Cooler 013900HB305	41373-12-102	AO	PCS	-	-	1	5	2	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	24	013900T218	013900TV218	Outlet Lean MEG Cooler 013900HB305	41373-12-102	AO	PCS	-	-	1	13	4	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	25	013900F131	013900FF131	Rich MEG to MEG Vacuum Reclaimer Drum 013900VA303	41373-12-102	AI	PCS	-	-	1	13	5	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	26	013900F131	013900FF131	Rich MEG to MEG Vacuum Reclaimer Drum 013900VA303	41373-12-102	AO	PCS	-	-	1	13	5	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	27	013900F132	013900FF132	Lean MEG from Lean MEG Cooler 013900HB305 (Start-up)	41373-12-102	AI	PCS	-	-	1	5	4	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	28	013900F132	013900FF132	Lean MEG from Lean MEG Cooler 013900HB305 (Start-up)	41373-12-102	DO	ESD	1=Open	NO	4	14	1	ESD JB ↔ MRU PLC
3A	29	013900S0372	013900SV372	Lean MEG from Lean MEG Cooler 013900HB305	41373-12-102	DO	ESD	1=Open	NO	4	5	2	ESD JB ↔ MRU PLC
3A	30	013900S0372	013900SV372	Lean MEG from Lean MEG Cooler 013900HB305	41373-12-102	DO	ESD	1=Open	NO	4	6	2	ESD JB ↔ MRU PLC
3A	31	013900S0372	013900SV372	Lean MEG from Lean MEG Cooler 013900HB305	41373-12-102	DI	PCS	1=Open	-	2	6	17	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	32	013900S0372	013900SV372	Lean MEG from Lean MEG Cooler 013900HB305	41373-12-102	DI	PCS	1=Closed	-	2	6	18	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	33	013900P152	013900PT152	Reclaimer Spatix Mixer 013900CE301	41373-12-103	AI	PCS	-	-	1	5	5	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	34	013900L109	013900LV109	MEG Vacuum Reclaimer Drum 013900VA303	41373-12-103	AI	ESD	-	-	3	8	4	ESD JB ↔ MRU PLC
3A	35	013900T315	013900TV315	Slurry from Reclaimer Loop Heaters 013900HB302 A/B	41373-12-103	AI	ESD	-	-	3	9	1	ESD JB ↔ MRU PLC
3A	36	013900L108	013900LV108	MEG Vacuum Reclaimer Drum 013900VA303	41373-12-103	AI	PCS	-	-	1	5	6	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	37	013900T313	013900TV313	Slurry to Reclaimer, Loop Heaters 013900HB302 A/B	41373-12-103	AI	ESD	-	-	3	10	3	ESD JB ↔ MRU PLC
3A	38	013900T314	013900TV314	Slurry from Reclaimer, Loop Heaters 013900HB302 A/B	41373-12-103	AI	PCS	-	-	1	6	1	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	39	013900T314	013900TV314	Hot Water from Reclaimer Loop Heaters 013900HB302 A/B	41373-12-103	AO	PCS	1=Open	-	1	14	2	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	40	013900S0373	013900SV373	Hot Water to Reclaimer Loop Heaters 013900HB302 A/B	41373-12-103	DO	ESD	1=Open	NO	4	5	3	ESD JB ↔ MRU PLC
3A	41	013900S0373	013900SV373	Hot Water to Reclaimer Loop Heaters 013900HB302 A/B	41373-12-103	DO	ESD	1=Open	NO	4	6	3	ESD JB ↔ MRU PLC
3A	42	013900S0373	013900SV373	Hot Water to Reclaimer Loop Heaters 013900HB302 A/B	41373-12-103	DI	PCS	1=Open (PST mode)	NO	4	7	6	ESD JB ↔ MRU PLC
3A	43	013900S0373	013900SV373	Hot Water to Reclaimer Loop Heaters 013900HB302 A/B	41373-12-103	DI	PCS	1=Open	-	2	6	19	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	44	013900S0373	013900SV373	Hot Water to Reclaimer Loop Heaters 013900HB302 A/B	41373-12-103	DI	PCS	1=Closed	-	2	6	20	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	45	013900S0373	013900SV373	Hot Water to Reclaimer Loop Heaters 013900HB302 A/B	41373-12-103	DI	PCS	1=Partial closed	-	2	6	21	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	46	013900P159	013900PT159	Discharge of Reclaimer Circulation Pumps 013900PA301 A/B	41373-12-104	AI	PCS	-	-	1	6	2	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	47	013900F134	013900FF134	Slurry to Sait, Sediment Vessel 013900VA305	41373-12-104	AI	PCS	-	-	1	6	3	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	48	013900F134	013900FF134	Slurry to Sait, Sediment Vessel 013900VA305	41373-12-104	AO	PCS	-	-	1	14	3	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	49	013900T314	013900TV314	Slurry to Sait, Sediment Vessel 013900VA305	41373-12-104	AI	PCS	-	-	1	6	4	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	50	013900T314	013900TV314	Slurry to Sait, Sediment Vessel 013900VA305	41373-12-104	DI	PCS	1=Closed	-	2	4	26	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	51	013900U271	013900UV271	Flushing Lean MEG to Reclaimer Circulation Pumps 013900PA301 A/B inlet line	41373-12-104	DO	PCS	1=Open	NO	2	10	13	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	52	013900U271	013900UV271	Flushing Lean MEG to Reclaimer Circulation Pumps 013900PA301 A/B inlet line	41373-12-104	DO	PCS	1=Open	NO	2	11	13	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	53	013900U271	013900UV271	Flushing Lean MEG to Reclaimer Circulation Pumps 013900PA301 A/B inlet line	41373-12-104	DI	PCS	1=Open	-	2	6	22	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	54	013900U271	013900UV271	Flushing Lean MEG to Reclaimer Circulation Pumps 013900PA301 A/B inlet line	41373-12-104	DI	PCS	1=Closed	-	2	6	23	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	55	013900U272	013900UV272	Flushing Lean MEG to Reclaimer Circulation Pumps 013900PA301 A/B outlet line	41373-12-104	DO	PCS	1=Open	NO	2	10	14	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	56	013900U272	013900UV272	Flushing Lean MEG to Reclaimer Circulation Pumps 013900PA301 A/B outlet line	41373-12-104	DO	PCS	1=Open	NO	2	11	14	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	57	013900U272	013900UV272	Flushing Lean MEG to Reclaimer Circulation Pumps 013900PA301 A/B outlet line	41373-12-104	DI	PCS	1=Open	-	2	6	24	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	58	013900U272	013900UV272	Flushing Lean MEG to Reclaimer Circulation Pumps 013900PA301 A/B outlet line	41373-12-104	DI	PCS	1=Closed	-	2	6	25	PCS JB ↔ MRU PLC
3A	59	013900U273	013900UV273	Flushing Lean MEG to Sait, Sediment Vessel 013900VA305 inlet line	41373-12-104	DO	PCS	1=Open	NO	2	10	15	PCS JB ↔ MRU PLC

Annexe O

Extrait de la matrice des causes et effets

Annexe P

**Extrait vue IHM - Rich MEG
flash Drum**



Annexe Q

Extrait de la table d'échange modbus

ANNEXE Q. EXTRAIT DE LA TABLE D'ÉCHANGE MODBUS

Rev	Item	Tagname	Description	MODBUS address	Size (bit)	Data Type	Engineering Unit	Status	Remarks	Read / Write	System
1A	1	31X001	Centrifuge Control - Centrifuge Available	40001.0	1	BOOLEAN	NA	1 = Centrifuge Available		W	BROADBENT
1A	2	31X002	Centrifuge Control - Centrifuge Purge Complete	40001.1	1	BOOLEAN	NA	1 = Purge Complete		W	BROADBENT
2A	3	31XS010	Centrifuge Control - Centrifuge Start Permissive	40002.0	1	BOOLEAN	NA	1 = Start Permissive		R	BROADBENT
2A	4	31XS011	Centrifuge Control - Centrifuge Feed Permissive	40002.1	1	BOOLEAN	NA	1 = Feed Permissive		R	BROADBENT
2A	5	31XS012	Centrifuge Control - Centrifuge Wash Inhibit	40002.2	1	BOOLEAN	NA	1 = Wash Inhibit		R	BROADBENT
2A	6	31XS013	Centrifuge Control - Centrifuge Discharge Inhibit	40002.3	1	BOOLEAN	NA	1 = Discharge Inhibit		R	BROADBENT
2A	7	31XS014	Centrifuge Control - Centrifuge Feed Inhibit	40002.4	1	BOOLEAN	NA	1 = Feed Inhibit		R	BROADBENT
2A	8	31XS015	Centrifuge Control - Centrate Collection Drum HH Level	40002.5	1	BOOLEAN	NA	1 = Level High High		R	BROADBENT
2A	9	31XS016	Centrifuge Control - Centrifuge CIP Start Permissive	40002.6	1	BOOLEAN	NA	1 = CIP Permissive		R	BROADBENT
2B	10	31XS017	Time synchronization	40002.7	1	BOOLEAN	NA	1 = Synchronization request		R	BROADBENT
2A	11	21X021	Centrifuge Information - Auto Local Cycle Mode Selected	40003.0	1	BOOLEAN	NA	1 = Auto Local Cycle Mode		W	BROADBENT
2A	12	21X022	Centrifuge Information - Auto Remote Cycle Mode Selected	40003.1	1	BOOLEAN	NA	1 = Auto Remote Cycle Mode		W	BROADBENT
2A	13	21X023	Centrifuge Information - Manual Cycle Mode Selected	40003.2	1	BOOLEAN	NA	1 = Manual Cycle Mode		W	BROADBENT
2A	14	21X024	Centrifuge Information - Single Cycle Selected	40003.3	1	BOOLEAN	NA	1 = Single Cycle		W	BROADBENT
2A	15	21X025	Centrifuge Information - Continuous Cycle Selected	40003.4	1	BOOLEAN	NA	1 = Continuous Cycle		W	BROADBENT
2A	16	31X101	Centrifuge Status - Initial Purge Active	40004.0	1	BOOLEAN	NA	1 = Purging		W	BROADBENT
2A	17	31X102	Centrifuge Status - Feeding Mode Active	40004.1	1	BOOLEAN	NA	1 = Feeding		W	BROADBENT
2A	18	31X103	Centrifuge Status - Washing Mode Active	40004.2	1	BOOLEAN	NA	1 = Washing		W	BROADBENT
2A	19	31X104	Centrifuge Status - Spinning Mode Active	40004.3	1	BOOLEAN	NA	1 = Spinning		W	BROADBENT
2A	20	31X105	Centrifuge Status - Discharge Mode Active	40004.4	1	BOOLEAN	NA	1 = Ploughing		W	BROADBENT
2A	21	31X106	Centrifuge Status - Cleaning Mode Active	40004.5	1	BOOLEAN	NA	1 = Cleaning		W	BROADBENT
2A	22	31X107	Centrifuge Status - Purged and Waiting for Product	40004.6	1	BOOLEAN	NA	1 = Waiting		W	BROADBENT
2A	23	31X108	Centrifuge Status - Feed Active - Set MRU Flow Setpoint	40004.7	1	BOOLEAN	NA	1 = Feeding		W	BROADBENT
2A	24	31X109	Centrifuge Status - CIP Active	40004.8	1	BOOLEAN	NA	1 = CIP Active		W	BROADBENT
2A	25	21XS003_Running	Centrifuge Information - Running	40005.0	1	BOOLEAN	NA	1 = Running		W	BROADBENT
2A	26	21X003_Stopping	Centrifuge Information - Stopping	40005.1	1	BOOLEAN	NA	1 = Stopping		W	BROADBENT
2A	27	21X003_Stopped	Centrifuge Information - Stopped at Zero Speed	40005.2	1	BOOLEAN	NA	1 = Stopped		W	BROADBENT
2A	28	21X045_MotorLocal	Centrifuge Information - Motor Selected to Local Control	40005.3	1	BOOLEAN	NA	1 = MotorLocal		W	BROADBENT
2A	29	21X046_MotorNAVal	Centrifuge Information - Motor Not Available for Starting	40005.4	1	BOOLEAN	NA	1 = MotorNAVal		W	BROADBENT
2A	30	21X004_StartInhibit	Centrifuge Information - Start Inhibit Active	40005.5	1	BOOLEAN	NA	1 = StartInhibit		W	BROADBENT
2A	31	21X005_TripActive	Centrifuge Information - Trip Condition Active	40005.6	1	BOOLEAN	NA	1 = TripActive		W	BROADBENT
2A	32	21XA008_Alarm	Centrifuge Information - Alarm Condition Active	40005.7	1	BOOLEAN	NA	1 = Alarm		W	BROADBENT
2A	33	21XA009_SR1	Centrifuge Information - Safety Relay 1 Tripped	40005.8	1	BOOLEAN	NA	1 = SR1		W	BROADBENT
2A	34	21XA009_SR2	Centrifuge Information - Safety Relay 2 Tripped	40005.9	1	BOOLEAN	NA	1 = SR2		W	BROADBENT
2A	35	21X006_AFeed	Centrifuge Information - Auto Feed Selected	40005.10	1	BOOLEAN	NA	1 = AFeed		W	BROADBENT
2A	36	21X006_ASpin1	Centrifuge Information - Auto Spin1 Selected	40005.11	1	BOOLEAN	NA	1 = ASpin1		W	BROADBENT
2A	37	21X006_AWash	Centrifuge Information - Auto Wash Selected	40005.12	1	BOOLEAN	NA	1 = AWash		W	BROADBENT
2A	38	21X006_ASpin2	Centrifuge Information - Auto Spin2 Selected	40005.13	1	BOOLEAN	NA	1 = ASpin2		W	BROADBENT
2A	39	21X006_APlough	Centrifuge Information - Auto Plough Selected	40005.14	1	BOOLEAN	NA	1 = APlough		W	BROADBENT
2A	40	21X007_MFeed	Centrifuge Information - Manual Feed Selected	40005.15	1	BOOLEAN	NA	1 = MFeed		W	BROADBENT
2A	41	21X007_MSpin1	Centrifuge Information - Manual Spin1 Selected	40006.0	1	BOOLEAN	NA	1 = MSpin1		W	BROADBENT

Annexe R

Feuille test pendant FAT

ANNEXE R. FEUILLE TEST PENDANT FAT

Title :	Hardware – Visual inspection	Check number :	002
Purpose:	Visually check cabinet structure and its conformity with the following description and regarding the documents approved during engineering.		
Reference doc :	General arrangement drawing		
Description: Visually check cabinet structure and its conformity with the following description and regarding the documents which have been approved during engineering.	Validation		
<p><u>Overall appearance</u> This is a visual checking of the cabinet in order to verify if the cabinet general aspect is nice and clean.</p> <p><u>Colour and Paintwork</u> This checking is performed to control the quality of the painting work and the compliance with the specified colour of cabinet (RAL 7035).</p> <p><u>Dimensions</u> This checking is performed to control the dimensions of each cabinet in accordance with specification Width x Height x Depth / 800 x 2100 x 800 mm</p> <p><u>Equipment installed</u> This checking is carried out in order to validate the presence of all equipment inside cabinets.</p> <ul style="list-style-type: none"> - PLC hardware list and configuration - 10 % spare minimum <p><u>Equipment labelling</u> This checking is performed in order to validate the correct labelling (format and label) of all components (PLC, cables, wires, terminal blocks) of the cabinet according to the specification. The wire shall be labelled with the format "page number + wire number".</p>	<input type="checkbox"/> Ok <input type="checkbox"/> Nok <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/> Not tested		
RESERVES :			
RESULTS	ACCEPTED <input type="checkbox"/>	REFUSED <input type="checkbox"/> Modification N°:	
Integrator : TECHMA	Name / Visa:	Date :	
Supplier : PROSERNAT	Name / Visa:	Date:	
Client : SAIPEM	Name / Visa:	Date:	

Annexe S

Feuille d'anomalie pendant FAT

ANNEXE S. FEUILLE D'ANOMALIE PENDANT FAT

Title :		Modification / nonconformity sheet	
Project : Jangkrik Complex Project		Form N° : 004	Date :
Type of request :	<input checked="" type="checkbox"/> Discrepancy <input type="checkbox"/> Modification		
Description : <p>Color for Color of the wires for power distribution not compliant blue color not allowed for a phase-phase power distribution Documentation (wiring diagram) will be updated accordingly the implementation. Refer to form 06-</p>			
Name : <u>Boloveric</u> Solution: <p>Blue wires will be replaced by black wires- wiring will be tested once again.</p>			
Modification evaluation: Estimated time : <u>5 hours</u>		Date :	Client approbation : 
Spent time :			
Comments :			
Validation : <u>Provoingt</u>  Date: Name : Signature :	By <u>Fabian NICOLE</u> 	Verification/ Approbation	

Bibliographie

- Carson, D.B. & Katz, D. (1942). Natural gas hydrates. *Society of Petroleum Engineers*, 146 :0–9.
- Esquier, J. (2014). How to select best meg recovery unit's configuration ? Technical report, Prosernat.
- HART, f. (2014). Comment fonctionne le hart. http://fr.hartcomm.org/hcp/tech/aboutprotocol/aboutprotocol_how.html.
- Katz, D. (1945). Prediction of conditions for hydrate formation in natural gases. *In Petroleum Development and Technology*, 160 :0–10.
- Mahdi, Walid & Hadji, W. (2012). Simulation thermodynamique du mélange eau/glycol. Master's thesis, Université Mohamed Khider Biskra.
- TOTAL (2007). *Le process - La déshydratation du gaz - Manuel de formation cours « EXP-PR-PR130 rev0.1 »*.

Glossaire

cation divalent	En fonction du nombre de charges électriques, on distingue les cations monovalents, divalents, trivalents, etc. Les cations monovalents sont ceux des métaux alcalins (lithium, sodium, potassium, rubidium...). Les métaux alcalino-terreux (béryllium, magnésium, calcium, strontium...) donnent des cations divalents. Les métaux de transition peuvent donner des cations mono, di, tri, tétra ou pentavalents. Source Wikipedia : https://fr.wikipedia.org/wiki/Cation . 11
CEI	Organisation internationale de normalisation chargée des domaines de l'électricité, de l'électronique, de la compatibilité électromagnétique, de la nanotechnologie et des techniques connexes. Elle est complémentaire de l'Organisation internationale de normalisation (ISO), qui est chargée des autres domaines. Source Wikipedia : . 19
DCS	Le DCS est un système numérique de contrôle commande (SNCC) pour procédé industriel et équipé de supervisions. Ce système est conduit à partir de la salle de contrôle. 20, 22
Duty/standby	Cette fonctionnalité appliquée à deux (2) pompes en parallèle augmente la disponibilité du fonctionnement. Dans le cas où la pompe en service subit un arrêt suite à un défaut, la deuxième démarre pour assurer le fonctionnement de l'installation.. 69
ESD	La partie ESD d'un système est conçue pour minimiser les conséquences lors de situations d'urgences relatives à des événements dits anormaux. L'association d'un niveau SIL est nécessaire afin de s'assurer de la fiabilité des équipements. 20
EWS	L'EWS est un ordinateur (fixe ou portable) contenant tous les logiciels de programmation / supervision relatif au projet. Ainsi, des modifications peuvent être effectuées par le personnel sur place. 22, 38

FAT	Le « Factory Acceptance Tests » est effectué afin de réceptionner le système dans sa globalité (parties hardware et software) par le client. 47, 50, 54
FCA	Cet Incoterm peut être utilisé pour tous les modes de transport, y compris les multimodaux. Le vendeur livre les marchandises aux mains du premier transporteur, soit au départ (marchandise chargée), soit en un lieu quelconque du pays d'expédition (marchandise non déchargée). C'est à ce moment-là que le transfert de risques a lieu. L'acheteur paye les coûts de transport. Source Wikipedia . 40
F&G	Le système F&G fait partie dans la chaîne ESD et doit, assurer une surveillance des installations critiques via les mesures transmises par instruments tels que détecteurs de gaz, fumée, flamme... En cas de détection, les actions de mises en sécurité sont enclenchées par le système F&G (deluge d'eau, percution des bouteilles de diffusion de gaz inerte. 20
FLET	Ce dispositif permet l'accrochage des colonnes montantes sous-marines afin de limiter le mouvement des flexibles vers le FPU. 4
iFAT	Le « integrated Factory Acceptance Tests » est effectué de la même manière que le FAT mais l'objectif est de valider la communication entre les différents systèmes.. 54
incoterm	Les Incoterms s'expriment par une abréviation anglophone en trois lettres suivies de trois petits points. Les trois petits points définissant le lieu exact où s'applique la règle Incoterms négociée, cette précision géographique est très importante. La version de la réglementation doit aussi être mentionnée : ICC 2010 ou Incoterms® 2010. Source Wikipedia https://fr.wikipedia.org/wiki/Incoterms . 40
interlock	Le terme interlock est employé pour signifier que le process est verrouillé suite à une anomalie constatée pour l'automate en phase de production. 27
ISA	La norme ISA5.1 est appliquée pour le référencement des instruments dans les domaines chimiques, pétroliers, métallurgie... Source site officiel norme ISA : . 27, 28
ISO 9001	Cette norme définit des exigences pour la mise en place d'un système de management de la qualité pour les organismes souhaitant améliorer en permanence la satisfaction de leur client et fournir des produits et services conformes. La norme ISO 9001 s'adresse à tous les organismes, quels que soient sa taille et son secteur d'activité. Source Wikipedia . 49, 60

KOM	Le Kick-Off Meeting est aussi appelé « Réunion de Lance-ment » est permet d'officialiser la réalisation projet. Elle est effectuée en présence du client et du fournisseur. 46, 50
line specification	Chaque identification de tuyaux se réfère à ce document projet qui permet de connaître les types de fluides circulant à l'intérieur. 27
LSZH	Le gainage des câbles LSZH est à base de composants ther-moplastiques ou thermodurcissables qui produisent une fu-mée limitée et sans halogène lorsqu'ils sont exposés à des sources élevées de chaleur. Source Wikipedia . 23
mid-water arch	Cette structure entièrement métallique et localisée à mi-profondeur d'eau est utilisée pour supporter des tuyaux et les câbles électriques entre le FPU et les parties sous-marines. 4
miocène	Le miocène s'étend de $23,03 \pm 0,05$ à $5,332 \pm 0,005$ millions d'années et est suivie par le Pliocène. Source Wikipedia : https://fr.wikipedia.org/wiki/Miocène . 3
modbus	Le modbus est un protocole de communication (marque dé-posée Modicon) basé sur une structure hiérarchisée entre un maître et plusieurs esclaves. Dans le cadre de ce projet, deux (2) protocoles modbus sont utilisés : Le RS485 signifie qu'il est configuré en liaison multipoints maître et esclaves et le TCP connecté en ethernet est configuré de telle sorte que les clients sont tous actifs, le serveur est complètement passif .. 21, 22
NUPS	Le NUPS est un dispositif de l'électronique de puissance qui fournit un courant alternatif stable pouvant subir des cou-pures ou des micro-coupures dont les équipements raccordés ne sont pas considérés comme critiques. 22
pipping class	Chaque type de tuyaux se réfère à ce document projet qui permet de connaître toutes ses spécifications (diamètres in-térieurs et extérieurs, températures min et max d'utilisation, pression min et max d'utilisation. 27
pliocène	Sur l'échelle des temps géologiques, le pliocène est la plus ré-cente époque géologique du Néogène. S'étendant de $5,332 \pm 0,005$ à $2,588 \pm 0,005$ millions d'années. Source Wikipedia : https://fr.wikipedia.org/wiki/Pliocène . 3

pont supérieur	Le pont supérieur est situé sur la partie émergée du flotteur FPU où l'ensemble du personnel est habilité à circuler. 19
quartier vie	Le quartier est localisé en poupe du FPU. Cet endroit sécurisé et isolé des installations de productions accueille et abrite tout le personnel à bord. 19
RAL	RAL est un système de codification des couleurs développé en 1927 par l'Institut allemand pour l'assurance qualité et le marquage associé. Ce nuancier est utilisé principalement pour les couleurs de peinture. Source Wikipedia . 23
SDLR	Ce document énumère tous les documents contractuels que le fournisseur doit rédiger et transmettre au client en respectant les dates limites d'émission indiquées à cet effet.. 55, 58
SEI4C	Caisses sous housse thermo soudable avec sachets de déshydratant. La protection consiste en une pose autour du matériel d'un matériau-barrière étanche. Il s'agit d'une toile thermo soudable (complexe aluminium polyéthylène) ou d'une housse polyéthylène qui enveloppe entièrement le produit à protéger. Source internet http://www.dme-in.com/sei4.html . 54, 79
SIL	Le SIL est défini comme un niveau relatif de réduction de risques inhérents à une fonction de sécurité, ou comme spécification d'une cible de réduction de risque. Plus simplement, c'est une mesure de la performance attendue pour une fonction de sécurité (ou SIF). Source Wikipedia : . 22, 27
SSIV	Cette vanne crée une barrière de sécurité entre le puits et l'acheminement du produit vers le FPU. Son objectif principal est de protéger la plateforme de production ainsi que son personnel. 4
UPS	L'UPS est un dispositif de l'électronique de puissance qui permet de fournir un courant alternatif stable et dépourvu de coupures ou de micro-coupures, quoi qu'il se produise sur le réseau électrique. Source Wikipedia : . 22
yard	Ce mot d'origine anglosaxonne signifie « chantier ». Dans le cadre de projet de construction offshore, ce type d'infrastructure est souvent localisé en bordure de mer. 3

Résumé

Le projet Jangkrik consiste en la construction d'une unité flottante de production (FPU - Floating Production Unit) au large des côtes indonésiennes afin d'extraire les gaz issus des nappes phréatiques par grande profondeur.

La mise en oeuvre d'une unité de production fiable et performante représente un vrai défi de par les contraintes liées aux phénomènes de formation des hydrates lors de l'extraction du gaz qui s'accumulent et endommagent les circuits et les équipements de production.

L'unité de traitement et de recyclage MEG (Monoéthylène Glycol) développée par l'entreprise d'ingénierie Prosernat est la solution la plus efficace à ce jour pour garantir la pérennité de ce type d'installation qui inclut la réalisation de la partie contrôle-commande et qui consiste en la fourniture du système automatisé intégrant les parties process (PCS) et safety (ESD).

Les aspects techniques, financiers et managériaux sont détaillés de l'appel d'offre à la réalisation de la partie contrôle-commande de cette unité.

Mot-clés : Jangkrik, FPU, hydrates, MEG, système, contrôle-commande

Abstract

Jangkrik Complex Development project consists of the construction of a FPU (Floating Production Unit) off the Indonesian coast in order to extract gas from groundwater by large depth.

Implementation of efficient and reliable production unit represents a real challenge due to the constraints regarding hydrates formation phenomenon during gas extraction which accumulate and damage production equipment.

MEG (Monoethylene Glycol) reclaiming and recovery unit developed by Prosernat company is the most effective solution so far to ensure sustainability for this type of installation which includes control-command part and the supplying of an automated system including process (PCS) and safety (ESD) parts.

Technical, financial and management aspects are detailed from bidding to the completion of this control-command part.

Keywords : Jangkrik, FPU, hydrates, MEG, system, control-command