



TABLE DES MATIÈRES

DEDICASES.....	3
REMERCIEMENTS.....	4
TABLE DEES MATIERE.....	5
LISTE DES FIGURES.....	8
INTRODUCTION GENERALE	9
Chapitre 1 :Présentation de l'entreprise d'accueil.....	11
I. Présentation de l'entreprise d'accueil:	112
1. Historique :	12
2. Organigramme général du groupe OCP	14
3. Statut juridique de l'OCP	14
4. Rôles et activités	15
5. Le pôle Chimie JORF LASFAR	16
5. 1 Introduction	16
5. 2 Organisation	17
5. 3 Maroc phosphore III&IV	18
Chapitre 2:Les réseaux locaux industriels de la ligne OE.....	23
I. Introduction	24
II.Modbus	24



1. Introduction	24
2. Principe des échanges Modbus	25
3. Format générale d'une trame	27
III.Profibus	29
1.Introduction	29
2. Les familles profibus	29
3. déploiement réseau	32
4. Profils applicatifs	32
5. Les Méthodes d'accès au canal	33
6. Conseils pratiques d'installation	34
Chapitre 3:L'architecture matérielle et logicielles de la ligne 0 E.....	36
I. L'architecture existante dans la ligne de production OE.....	37
II. Les composent existante dans la ligne OE.....	40
1. Variateur vitesse ABB.....	40
2. MM200/MM300.....	41
3.Supervision des procédés.	42
III.Les support de trnsmission	45
1. Les câbles à paires torsadées.....	45
2. Les câbles coaxiaux.....	46
3. Les câbles à fibre optique	46
4. Le choix du câble	47
5. Les caractéristiques de chaque type de câblage	48
Chapitre 4 Remède des perturbations sur les câbles de transmission..	51
Cahier de charge	52
I. Les perturbateurs	52
1. Atténuation - Bande passante.....	52
2. Ondes stationnaires T.O.S.....	53



3.Diaphonie	54
II. Les solutions proposées pour faire face à ces pertes.....	55
1. Utilisation du câble coaxial	55
2. Blindage électromagnétique	56
3.Transmission différentielle	57
4. Modélisation de la ligne	58
5. La ligne adaptée	59

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Carte géographique des sites miniers OCP.....	13
Figure 2: Organigramme général de l'OCP.....	14
Figure 3 : Organigramme de site de Jorf Lasfar	17
Figure 4 : Schéma simplifié de production de l'acide sulfurique.....	20
Figure 5 : Schéma bloc de l'atelier phosphorique.....	22
Figure 6 : Echange Maître/esclave.....	24
Figure 7 : Echange maître vers tous les esclaves.....	25
Figure 8 : Trame d'échange question.....	25
Figure 9 : Diagramme d'occupation du support de transmission.....	26
Figure 10 : Trame d'échange réponse.....	26
Figure 11 : Trame d'erreur.....	27
Figure 12 : Trame d'échange cyclique.....	30
Figure 13 : Trame d'échange Acyclique.....	31
Figure 14 : communication d'esclave à esclave.....	31
Figure 15: Architecture de communication de PROFIBUS.....	33
Figure 16: développement communicant sur PROFIBUS en RS 485.....	34
Figure 17: Communication inter-maitre.....	35
Figure 18: Architecture existante dans la ligne 0E.....	37
Figure 19 : L'architecture du système de commande DCS.....	38
Figure 20: Architecture locale de FCS.....	39
Figure 21: Architecture de FCS.....	39
Figure 22 : variateur de vitesse ABB.....	40
Figure 23 : MM300.....	41
Figure 24 : MM200/MM300.....	44
Figure 25: Fibre optique.....	46
Figure 26 : catégorie de câble à paires torsadées.....	49
Figure 27 : Atténuation d'un support de transmission.....	52
Figure 28: Ondes stationnaire.....	53
Figure 29 : Diaphonie.....	54



INTRODUCTION

Il est bien entendu qu'une formation donnée ne pourrait être complète qu'après avoir effectué un exercice pratique. C'est dans ce cadre qu'à la fin de notre troisième année d'étude on est appelé à passer un stage de fin de formation. Ceci constitue une occasion de formation et d'apprentissage qui sert à enrichir les connaissances acquises par la mise en pratique des cours Théoriques dans un organisme publique ou privé.

Par ce fait, nous avons eu le privilège de passer un stage de quatre mois à l'atelier Phosphorique à JORF LASFAR dans l'ensemble des industries chimiques du groupe OCP à EL JADIDA.

L'objet de notre étude dans ce rapport est axé sur :

- La présentation générale du groupe OCP.
- L'étude des réseaux de terrain existant à la ligne 0 E (Modbus, Profibus)
- L'étude de leur architecture matérielle et Logicielle.
- Remède des perturbation sur les câbles de transmission .

Chapitre I :

Présentation de l'entreprise d'accueil



Ce chapitre est dédié à la description de l'organisme d'accueil : ses missions, son organisation.

I. Présentation de l'entreprise d'accueil:

1. Historique :

Créé par le dahir du statut du 7 août 1920, l'OCP détient le monopole de la recherche, de l'exploitation, de la valorisation et de la commercialisation des phosphates et de leurs dérivées. Toute en commençant l'extraction par des pelles et des pioches l'OCP à grimper les échelles pour arriver aux industries chimiques.

C'est en février 1912 qu'on a découvert les premiers gisements des phosphates dans la zone de KHOURIBGA et plus précisément dans la région d'OULED ABDOUNE. Mais l'exploitation effective n'a commencé qu'en février 1921 dans la région de OUED ZEM .Ce n'est qu'en 30 juin 1921 que le premier train sur voie large a été chargé et dirigé vers le port de casa .

Depuis lors, les besoins mondiaux en phosphates ont fait de l'OCP une entreprise qui jusqu'à nos jours n'a cessé de grandir, et pour se maintenir face à la concurrence des autres pays producteurs des phosphates et dérivés, il se modernise, se développe continuellement et s'affirme comme un leader du marché mondial des phosphates.

En effet l'OCP est le premier exportateur et troisième producteur mondial après les ETATS -UNIS et l'ex - URSS.

Vers l'année 1975 l'OCP s'est organisé en groupe qui comporte l'OCP et ses filiales. Ce groupe est géré par plusieurs directions coiffées par une direction générale dont le siège social est à Casablanca.

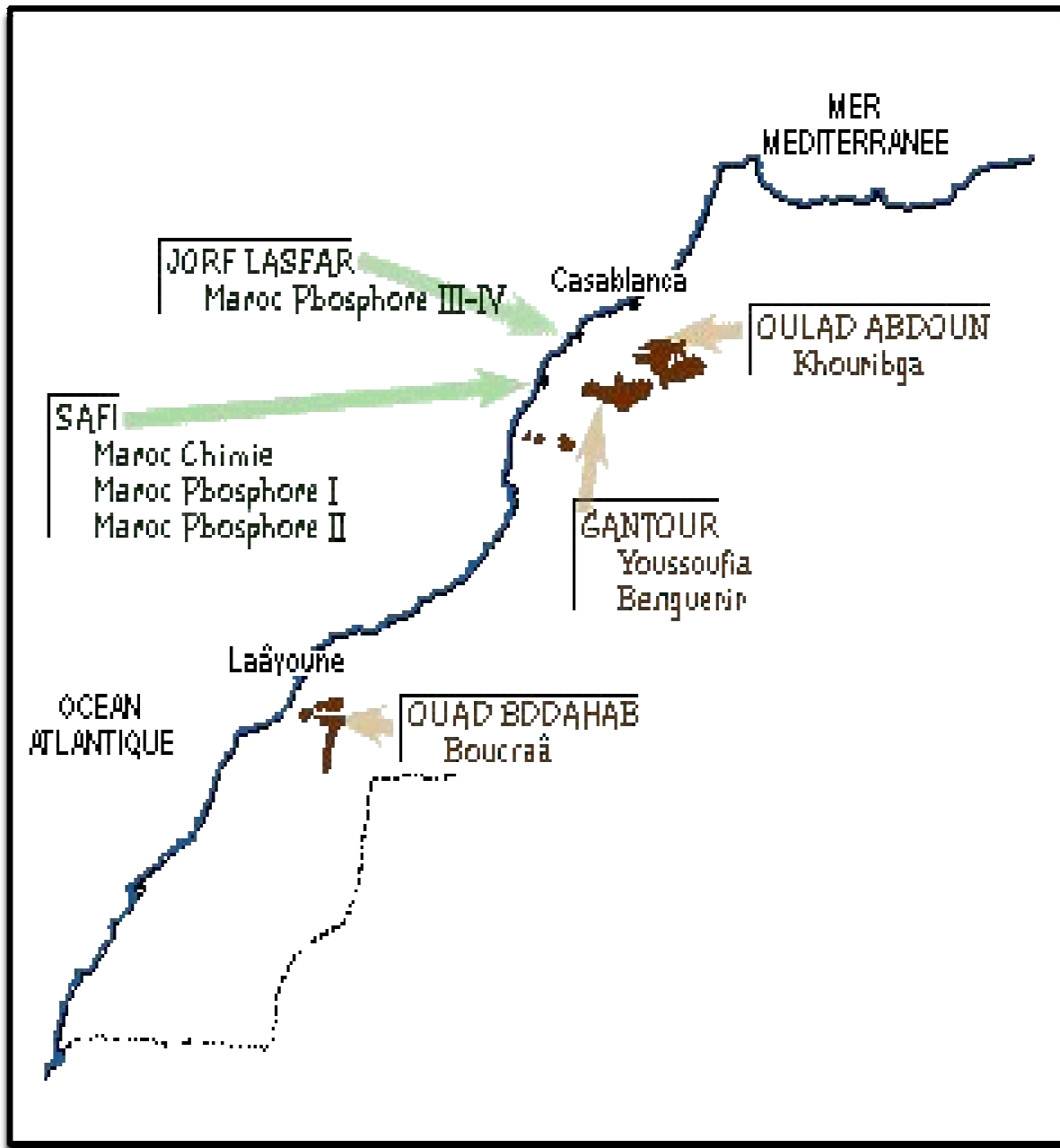


Figure 1 : Carte géographique des sites miniers OCP

2. Organigramme général du groupe OCP

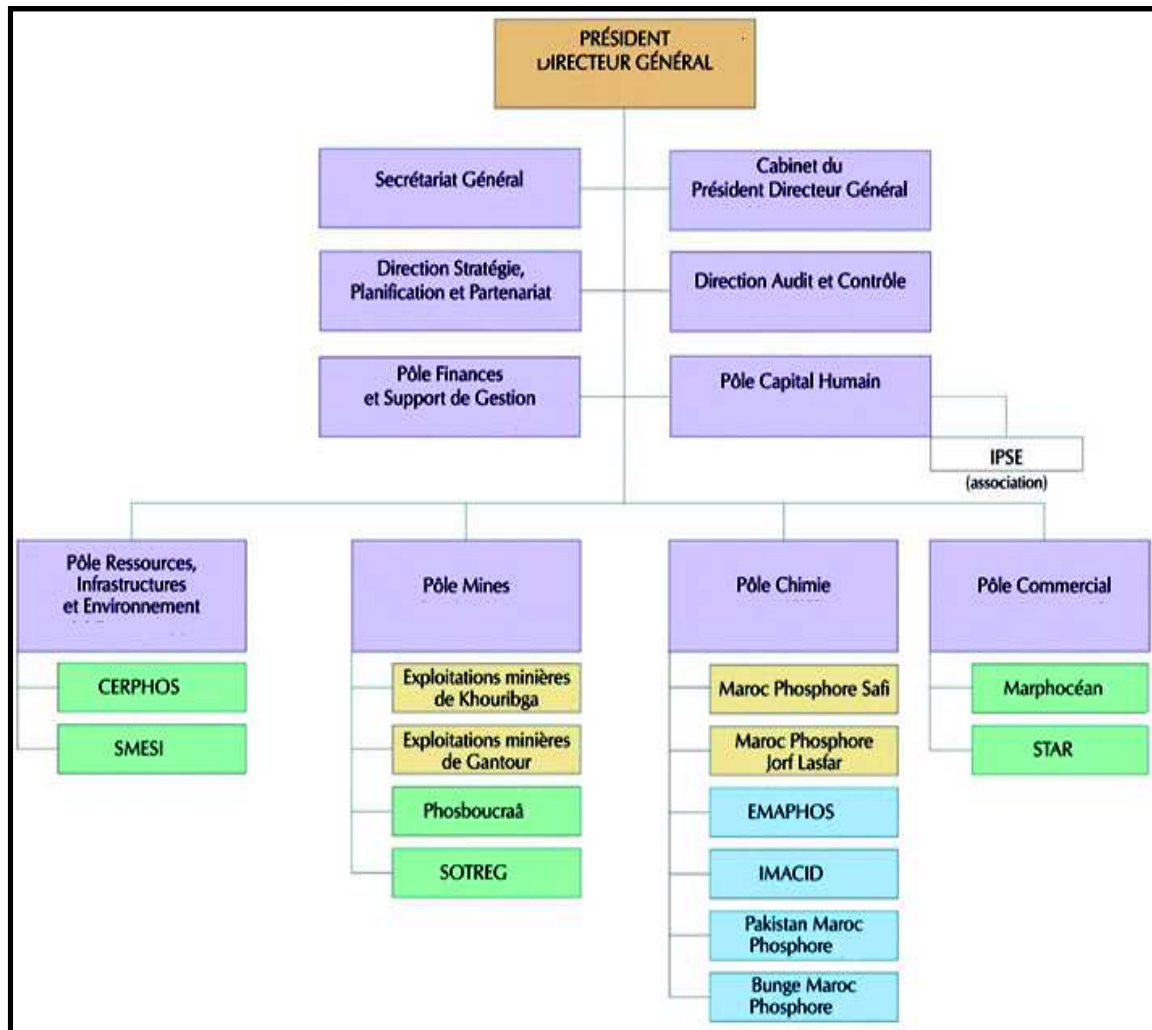


Figure 2: Organigramme général de l'OCP

3. Statut juridique de l'OCP

L'OCP a été constitué sous la forme d'un organisme d'état. Il fonctionne ainsi comme une société dont le seul actionnaire est l'état marocain, il est dirigé par un directeur général nommé par Dahir Royal. Le contrôle est exercé par un conseil d'administration qui représente l'intérêt de la nation.

Le personnel de l'OCP est régi par un mineur du premier juillet 1964. Ce statut a été élaboré en

conformité avec le Dahir 60-700 du 24 décembre 1960, portant le statut du personnel des entreprises minières. Les ingénieurs sont régis par un statut particulier. Les structures actuelles ont été définies par l'OS « organisation sociale » no 716 du premier janvier 1917.

Le groupe OCP est une entreprise semi-publique sous contrôle de l'état, mais elle agit avec le même dynamisme et la même souplesse qu'une grande entreprise privée servant à l'état marocain tous les droits de recherche et d'exploitation des phosphates, gérée par un directeur et contrôlé par un conseil d'administration présidé par le premier ministre. La gestion financière est séparée de celle de l'état. Le groupe OCP est inscrit au registre de commerce et soumis sous les plans fiscaux aux mêmes obligations que n'importe qu'elle entreprise privée.

4. Rôles et activités

Le rôle de l'OCP est de gérer les réserves du pays en matière de phosphate selon des étapes et des opérations bien précises :

- **Extraction** : c'est la 1ère opération qui se fait en découverte (ciel ouvert) ; elle consiste à enlever le phosphate de la terre suivant quatre cycles : forage, sautage, décapage et défruitage.
- **Traitement** : cette opération est nécessaire en vue de purifier le phosphate de tout résidu et d'améliorer sa qualité minière.
- **Transport** : une fois le phosphate traité, il est transporté vers les ports de Casablanca, Safi, El Jadida pour son exportation vers les différents pays.
- **Vente** : le phosphate extrait est traité en grande partie dans des usines chimiques avant d'être exporté avec le reste qui est en état brut vers de nombreux clients.

Pour mieux gérer cette grande entreprise, l'OCP a créé des filiales telles que:

- **CERPHOS**: centre d'études et de recherche des phosphates minéraux, sa mission est d'organiser et d'exécuter toute activité d'analyse, d'étude et de recherche

scientifique et technique liée directement ou indirectement à l'exploitation des produits dérivés.

- **FERTIMA**: société marocaine des fertilisants, son but est de commercialiser les engrais à l'intérieur du pays en provenance des chimiques du groupe OCP.
- **SMESI** : société marocaine d'études spéciales et industrielles, ses activités principales sont l'étude et la réalisation des installations industrielles (manutention, stockage...)
- **SOTREG** : Société de transport régional, est chargée du transport du personnel du groupe OCP.
- **STAR** (société de transport et d'affrètement réunis) : située à paris, assure l'affrètement des navires et services annexes aussi bien pour le compte du groupe que d'autres organismes.
- **PHOSBOUKRAA** : Elle est chargée de l'extraction, du traitement et de l'expédition des phosphates du BOUKRAA situés dans les provinces sahariennes du Maroc.
- **IPSE** (institut de promotion socio-éducative) : il dispose un enseignement fondamental de qualité pour les enfants des agents du groupe.

5. Le pôle Chimie JORF LASFAR

5.1 Introduction :

Toujours dans le cadre du développement de son potentiel de valorisation de phosphate, le groupe OCP, en 1985, a mis démarrage sur le site de Jorf Lasfar à El Jadida plusieurs unités industrielles pour la production des acides et des engrais.

Le site Jorf Lasfar a été retenu pour l'implantation de cet important ensemble industriel, compte tenu des avantages suivants :

- Proximité des zones minières permettant son alimentation en phosphate(Khouribga).

- Existence d'un port à tirant d'eau important.
- Disponibilité de l'eau de mer et d'eau douce.
- Disponibilité de terrains pour les extensions futures.

Cet ensemble qui se situe dans une enceinte s'étendant sur 1700 ha environ, a permis le développement d'une infrastructure moderne et diversifiée (route, chemin de fer, eau douce, éclairage, assainissement).

5.2 Organisation:

L'organisation de la direction pôle chimie Jorf Lasfar CJ s'inscrit dans un mouvement d'adaptation continue des structures internes. Cette direction comprend le Projet Promotion et Valorisation du site CJ/PV, le projet audit et procédures CJ /AP, le service étude et analyse CJ/EA et cinq directions :

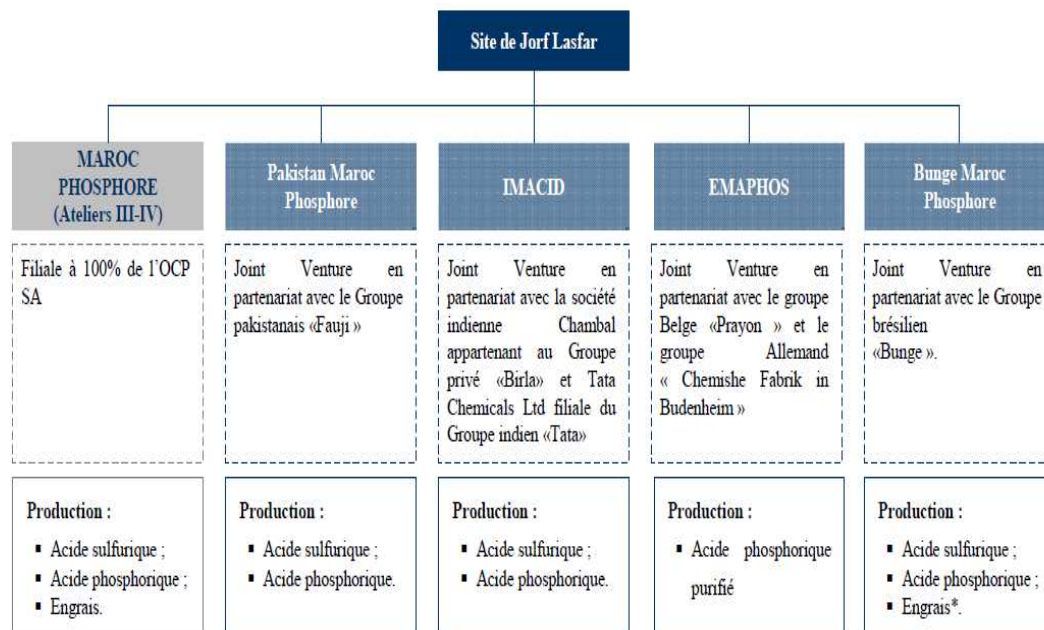


Figure3 : Organigramme de site de Jorf Lasfar

- **MAROC PHOSPHORE III-IV** : qui a démarré en 1986.
- **EMAPHOS** : en partenariat avec Prayon (Belgique) et C.F Budenheim (Allemagne), qui a démarré en 1998 pour la production d'acide phosphorique purifiée.
- **IMACID** : en partenariat avec le groupe BIRLA (Inde) qui a démarrée en 1999.
- **PAKISTAN MAROC PHOSPHORE** : en partenariat avec le groupe pakistanais Fauji.
- **BUNGE MAROC PHOSPHORE** : en partenariat avec le groupe BUNGE FERTILISANTES du BRESIL.

5.3 Maroc Phosphore III-IV :

a. Généralités :

Le complexe industriel du Jorf Lasfar Pôle chimie actuellement, dénommé Maroc Phosphore III et IV représente le démarrage de l'extension des unités de Safi. La chronologie de ces industries est comme suit :

- **MAROC CHIMIE I en 1965.**
- **MAROC PHOSPHORE I en 1975.**
- **MAROC PHOSPHORE II en 1981.**
- **MAROC PHOSPHORE III et IV en 1986.**

Maroc Phosphore III et IV permet de produire annuellement 1.600.000 tonnes de P₂O₅ sous forme d'acide phosphorique, nécessitant la transformation d'environ :

- 7.700.000 tonnes de phosphate provenant de Khouribga.
- 2.000.000 tonnes de soufre importé.

Les 2/3 environ de cette production peuvent être transformés localement en engrais : DAP (Mono ammonium phosphate). MAP (Di ammonium phosphate), soit 1.100.000 tonnes équivalentes de DAP.

b. Description du complexe:

Le complexe se compose d'un ensemble d'unité de production et de stockage ainsi des ateliers réservés aux services de maintenance et de développement.

Les ateliers de production sont :

▪ **Atelier sulfurique:**

C'est un atelier de production d'acide sulfurique constitué de:

- ✓ lignes (A, B, C, X, Y et Z) de production d'une capacité nominale de 2650TMH/j d'acide sulfurique monohydrate par ligne.
- ✓ Unité de stockage et de réception de soufre liquide (deux bacs).
- ✓ Unité de stockage et de transfert d'acide sulfurique (12 bacs).

L'acide sulfurique produit est destiné aux clients internes (PCJ/PA pour la production de l'acide phosphorique, PCJ/PE pour la production des engrais, EMAPHOS, IMACID) et aux clients externes au pôle chimie Jorf Lasfar.

L'alimentation des clients internes (PCJ/PA, EMAPHOS, IMACID) se fait par des tuyauteries. Les clients externes sont desservis par des camions citernes.

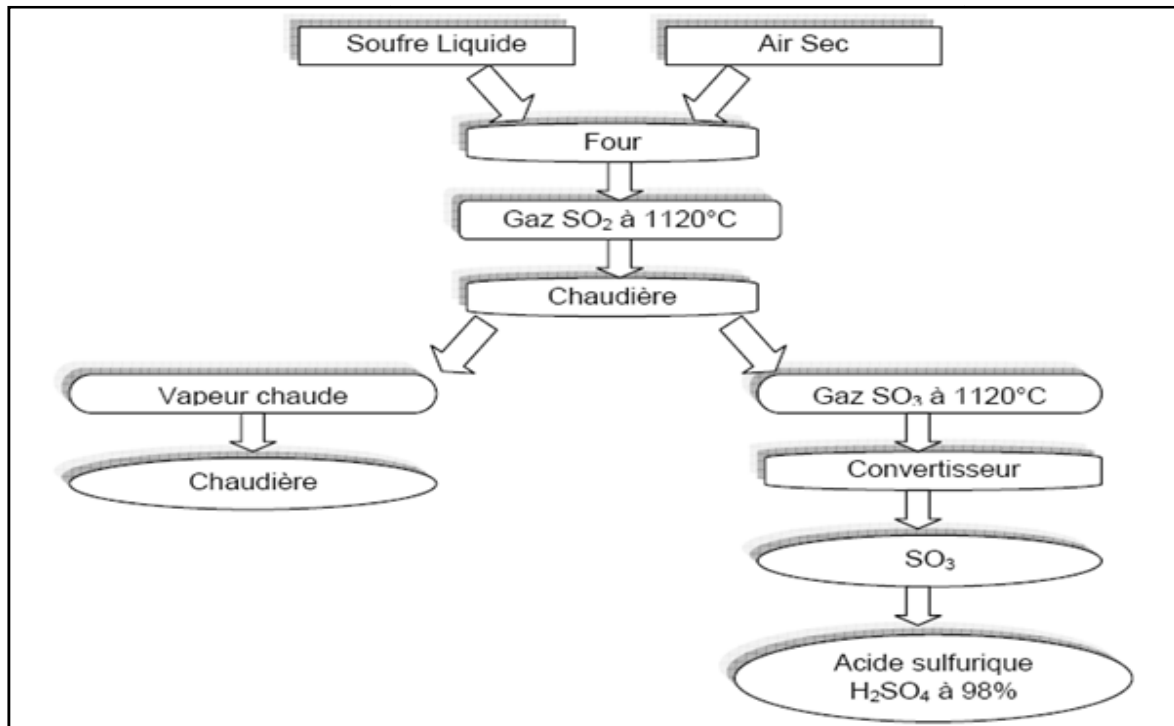


Figure4 : Schéma simplifié de production de l'acide sulfurique

▪ **L'atelier des engrais :**

L'atelier des engrais dispose de 4 lignes de production d'une capacité unitaire de 1440 tonnes/J de DAP et MAP. Les engrais produits seront livrés en sacs ou en vrac, et sont distingués à l'export.

MAP: Monoammonique phosphate.

DAP: Diammonique phosphate.

▪ **Atelier d'énergie et fluide :**

Pour alimenter les différents ateliers en énergie électrique et thermique, eau de mer, air comprimé, air d'instrument et différentes qualités d'eau : eau brute, potable, filtrée et désalée. La centrale thermique dispose de trois turboalternateurs de 37 MW chacune et une station de traitement d'eau douce : « TED ».

▪ **Unité de stockage:**

Cette unité de stockage est composée de :

- ✓ 7 hangars pour le stockage des phosphates; de capacité de 70 000 T chacun.
- ✓ hangars pour le stockage des engrais de capacité de 60 000 T chacun.

- ✓ 12 bacs de stockage calorifugés d'une capacité de 18.000 tonnes pour le stockage de soufre liquide.
- ✓ 16 bacs de volume unitaire de $10.000\ m^3$ pour les acides phosphoriques marchands.

▪ **Port :**

La zone réservée au groupe OCP au port contient :

- ✓ 6 quais de chargement et de déchargement des matières premières (phosphate, ammoniac, soufre solide et soufre liquide) et des produits finis (engrais, acides phosphoriques et phosphate).
- ✓ Des installations pour le chargement et le déchargement des produits importés et exportés.
- ✓ 1 Hangar de stockage de soufre solide.
- ✓ Une unité de fusion et filtration de soufre.
- ✓ 3 bacs de stockage de soufre liquide.
- ✓ 2 bacs de stockage d'ammoniac importé.
- ✓ Une station de filtration et de pompage d'eau de mer utilisée dans l'usine, pour l'alimentation des différents ateliers de production station.

▪ **L'atelier phosphorique :**

Le but général de l'atelier phosphorique est la production de l'acide phosphorique P_2O_5 . concentré à 54%, qui se fait à partir du phosphate et de l'acide sulfurique.

Il est réparti en deux zones : le sud et le nord. Chaque zone est constituée de plusieurs lignes. à savoir : les lignes Ae, B, C, D et E dans la zone nord, et les lignes : X, Y, Z et U dans la zone sud.

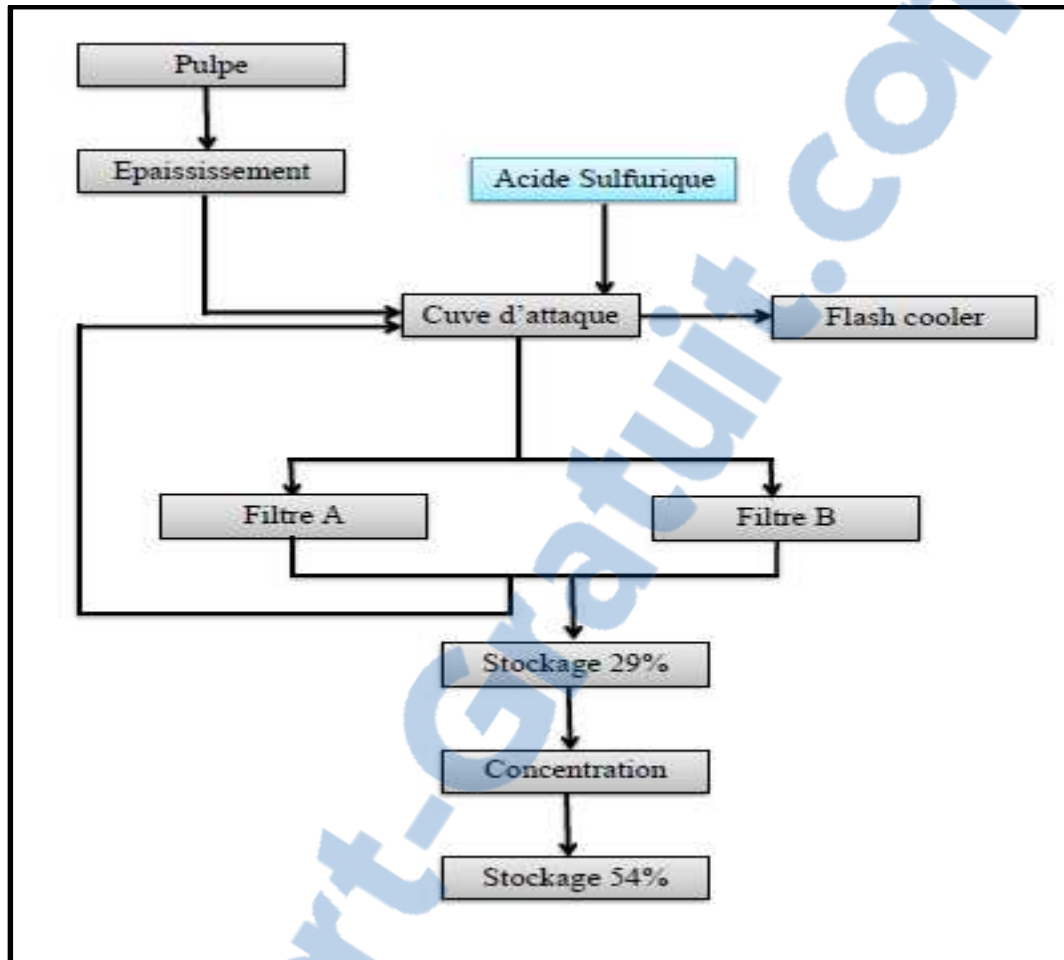


Figure 5 : Schéma bloc de l'atelier phosphorique

Chapitre II :

Les réseaux locaux industriels de la ligne 0 E

Ce chapitre est dédié à la description des réseaux locaux industriels utilisés dans la ligne 0 E.

I. Introduction générale

L'évolution des moyens technologiques utilisés dans les systèmes industriels permet de multiplier les mesures, les analyses et les prises de décisions, dans le but d'améliorer les services, la qualité et le suivi de production ainsi que les différents niveaux de maintenances (corrective, préventive et prédictive). Cela a provoqué une énorme augmentation des flots de données entre les différents constituants des systèmes industriels. Afin d'éviter d'installer une pléthore de conducteurs électriques, les constructeurs ont développé des procédés de transport d'informations sur des supports communs aux différentes sections du système. Cela a été possible en établissant des règles de circulation de ces données sur ces canaux de transmission. C'est ainsi que sont nées les notions dites « Réseaux Locaux Industriels » ou « Bus de terrain ».

II .MODBUS

1. Introduction

Le protocole MODBUS est un protocole de dialogue basé sur une structure hiérarchisée entre le maître et l'esclave. . Il est aujourd'hui très utilisé dans l'industrie.

Le protocole MODBUS est un protocole de type applicatif situé sur la couche 7 du modèle OSI. En-dessous, il existe plusieurs possibilités pour implémenter le protocole MODBUS :

- ❖ via une liaison série (RS-232 ou RS-485) en fonctionnement Maître/Esclave
- ❖ via un réseau (TCP/IP/Ethernet) en fonctionnement Client/serveur.
- ❖ via Modbus Plus. Modbus Plus est un réseau à passage de jetons à 1 Mb/s, pouvant transporter les trames Modbus et d'autres services propre à ce réseau.

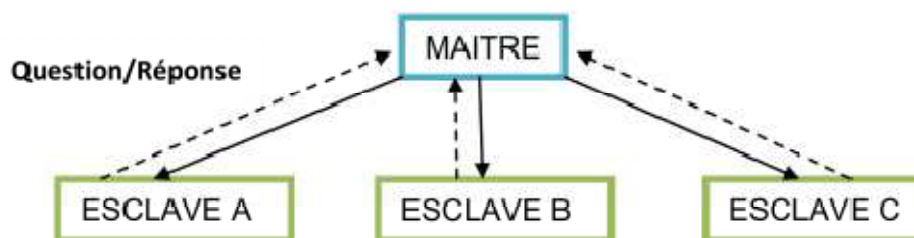


Figure 6 : Echange Maître/esclave

Le maître envoie une demande et attend une réponse. Deux esclaves ne peuvent dialoguer ensemble. Le dialogue maître – esclave peut être schématisé sous une forme successive de liaisons point à point.

Deux types de dialogue sont alors possibles:

- le maître parle à un esclave et attend sa réponse,
- le maître parle à l'ensemble des esclaves, sans attente de réponse.

2. Principe des échanges MODBUS

a. Adressage

Les abonnés du bus sont identifiés par des adresses attribuées par l'utilisateur. L'adresse de chaque abonné est indépendante de son emplacement physique. Les adresses vont de 1 à 64 et ne doivent pas obligatoirement être attribuées de manière séquentielle. Deux abonnés ne peuvent avoir la même adresse.

b. Echange maître vers un esclave

Le maître interroge un esclave de numéro unique sur le réseau et attend de la part de cette esclave une réponse.

Aucun esclave ne peut envoyer un message sans une demande préalable du maître.

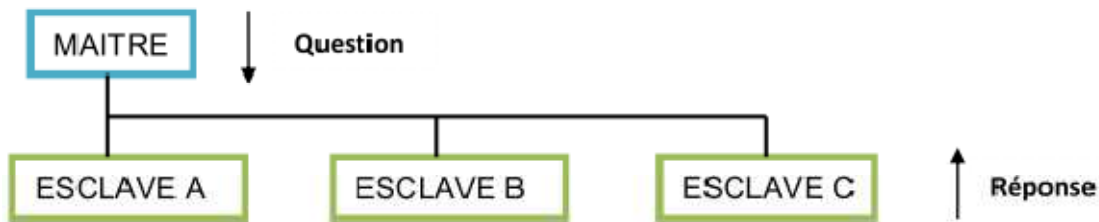


Figure7 : Echange maître vers tous les esclaves

Le maître diffuse un message à tous les esclaves présents sur le réseau, (diffusion générale ou broadcast). Pour cela, il utilise l'adresse 0.

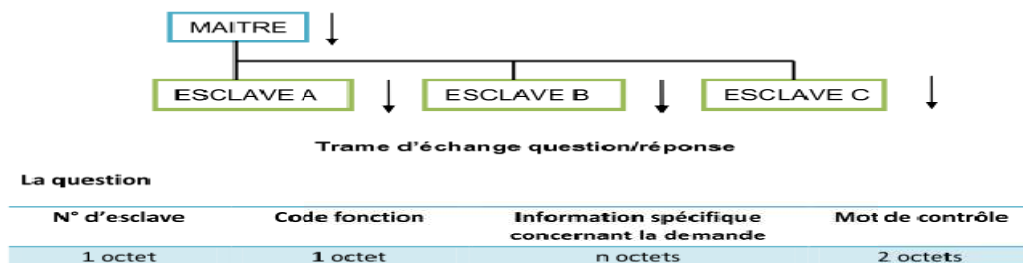
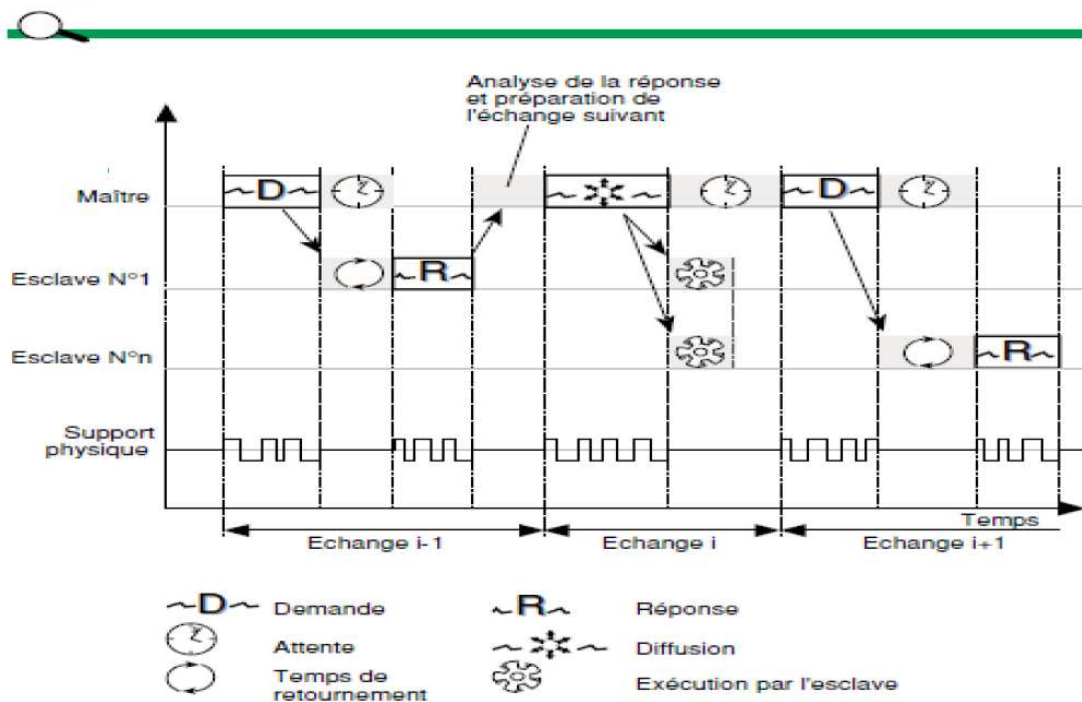


Figure8 : Trame d'échange question

Elle contient un code fonction indiquant à l'esclave adressé quel type d'action est demandé. Les données contiennent des informations complémentaires dont l'esclave a besoin pour exécuter cette fonction. Le champ octets de contrôle permet à l'esclave de s'assurer de l'intégralité du contenu de la question.

Diagramme d'occupation du support de transmission



Remarque : les durées de DEMANDE, REPOSE, DIFFUSION, ATTENTE, TRAITEMENT sont liées à la fonction réalisée.

Figure 9 : Diagramme d'occupation du support de transmission

La réponse

N° d'esclave	Code fonction	Données reçues	Mot de contrôle
1 octet	1 octet	n octets	2 octets

Figure10 : Trame d'échange réponse

Si une erreur apparaît, le code fonction est modifié pour indiquer que la réponse est une réponse d'erreur. Les données contiennent alors un code (code d'exception) permettant de connaître le type d'erreur. Le champ de contrôle permet au maître de confirmer que le message est valide

Contenu d'une réponse exception.

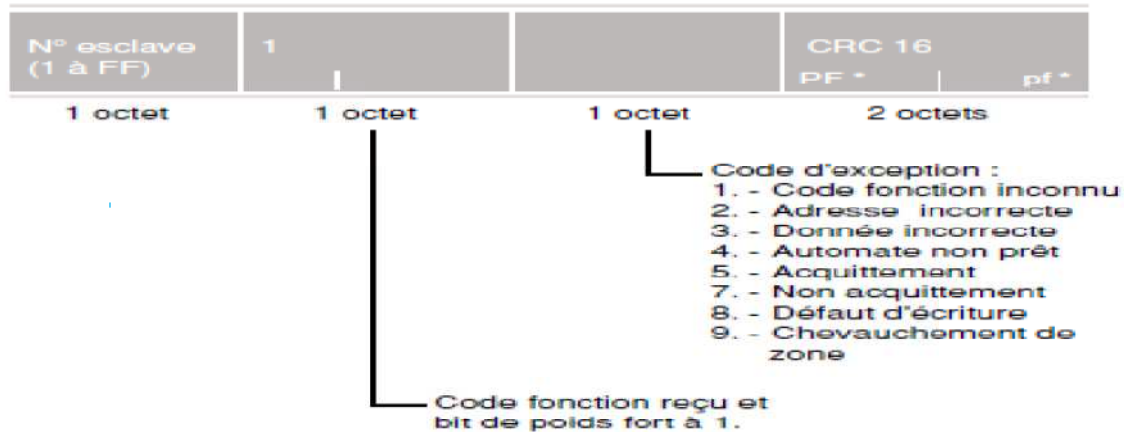


Figure11 : Trame d'erreur

3. Format général d'une trame

Deux types de codage peuvent être utilisés pour communiquer sur un réseau Modbus. Tous les équipements présents sur le réseau doivent être configurés selon le même type.

- **Type ASCII** : chaque octet composant une trame est codé avec 2 caractères ASCII .

START	Adresse	Fonction	Données	LRC	END
1 caractère	2 caractères	2 caractères	n caractères	2 caractères	2 caractères

- **Type RTU** (Unité terminale distante) : chaque octet composant une trame est codé sur 2 caractères hexadécimaux (2 fois 4 bits).

START	Adresse	Fonction	Données	CRC	END
Silence	1 octet	1 octet	n octets	2 octets	Silence

La taille maximale des données est de 256 octets. Le mode ASCII permet d'avoir des intervalles de plus d'une seconde entre les différents caractères sans que cela ne génère d'erreurs, alors que le mode RTU permet un débit plus élevé pour une même vitesse de transmission.

Chaque octet composant un message est transmis en mode RTU de la manière suivante :

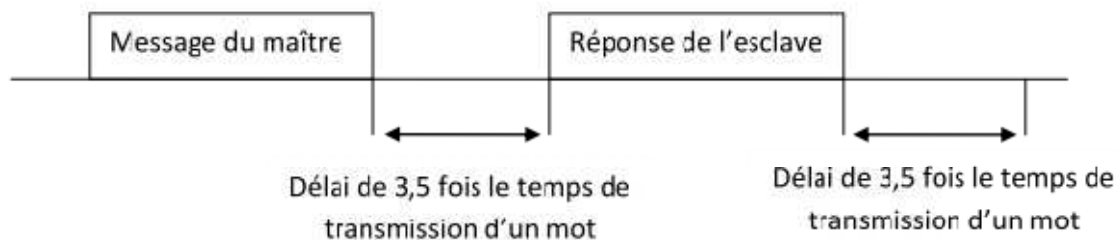
➤ **Sans contrôle de parité**

Start	Bit 0	Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 4	Bit 5	Bit 6	Bit 7	Stop
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	-------------

➤ **Avec contrôle de parité**

Start	Bit 0	Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 4	Bit 5	Bit 6	Bit 7	Parité	Stop
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	---------------	-------------

Avant et après chaque message, il doit y avoir un silence équivalent à 3,5 fois le temps de transmission d'un mot.



L'ensemble du message doit être transmis de manière continue. Si un silence de plus de 1,5 fois le temps de transmission d'un mot intervient en cours de transmission, le destinataire du message considérera que la prochaine information qu'il recevra sera l'adresse du début d'un nouveau message.

Le protocole MODBUS ne définit que la structure des messages et leur mode d'échange.

On peut utiliser n'importe quel support de transmission RS 232, RS 422 ou RS 485, mais la liaison RS 485 est la plus répandue car elle autorise les « multipoints ».

4 .Exemple d'échange entre un maître et un esclave

Trame émise par le maître : 04 03 00 02 0001 25 CA

Adresse esclave : 04

Code fonction 03 = lecture registre

N° du registre de début de lecture : MSB : 00 et LSB : 02

Nombre de registre de lecture : MSB : 00 et LSB : 01

CRC : 25 CA

Réponse de l'esclave avec erreur : 04 83 02 01 31

Adresse esclave : 04

Code fonction : lecture avec MSB = 1 : 83

Code erreur (n° registre) : 02

CRC : 01 31

Réponse de l'esclave sans erreur : 04 03 02 02 58 B8 DE

Adresse esclave : 04

Code fonction : lecture registre : 03

Nombre d'octets donnés: 02

Données du registre 0002 : MSB 02 et LSB : 58

CRC : B8 DE

III.Profibus

1. Introduction

PROFIBUS permet de connecter l'ensemble de la périphérie à un contrôleur central. Les principaux avantages sont les gains de câblage, la souplesse et la flexibilité dans les architectures sans oublier l'exploitation de l'intelligence embarquée dans les équipements de terrain. Grâce à ses différents profils PROFIBUS permet de répondre de façon efficace à l'ensemble des besoins des installations automatisées.

Le PROFIBUS est un réseau de terrain ouvert, non propriétaire, répondant aux besoins d'un large éventail d'applications dans les domaines du manufacturier et du processus.

Il se prête aussi bien à la transmission de données exigeant une extrême réactivité, avec des temps de réponse courts, qu'aux échanges d'informations complexes.

2. Les familles de Profibus

- **Le PROFIBUS-PA** permet la communication de données et l'alimentation des appareils en technique 2 fils, conformément à la norme internationale CEI 1158-2.

- **PROFIBUS-FMS** Le PROFIBUS-FMS est la solution universelle pour les tâches de communication au niveau cellulaire (temps d'accès typique : 100 ms environ). Les services performants du PROFIBUS-FMS permettent un large champ d'applications et une grande souplesse.
Le PROFIBUS-FMS convient également aux tâches de communication intensives.

- **Le PROFIBUS DP**, conçu pour de hautes vitesses de transmission des données (jusqu'à 12 Mbits/s) et des temps de réaction ultrarapides (jusqu'à 1 ms). PROFIBUS-DP est parfaitement adapté pour la commande directe :
Des appareils de terrain intelligents, tels que départs-moteurs, entraînements, analyseurs, régulateurs industriels ou consoles. Des périphériques décentralisés. L'échange de données avec les appareils décentralisés se fait essentiellement de façon cyclique. Les fonctions de communication nécessaires à cet effet sont définies par les fonctions de base DP (niveau DP-V0).
Pour faire face aux besoins spécifiques des différents domaines d'application, la DP s'est vue dotée progressivement, au-delà de ces fonctions de base, de fonctions nouvelles et spécialisées, de sorte que la DP connaît aujourd'hui trois niveaux, les niveaux DP-V0, DP-V1 et DP-V2, chacun de ces niveaux ayant un objectif spécifique. Les contenus les plus importants des trois niveaux sont:

DP-V0 : Ce niveau met à disposition les fonctionnalités de base de la DP.

Citons au nombre de ces dernières l'échange de données cycliques ainsi que les diagnostics spécifiques aux canaux, modules et stations.



Figure12 : Trame d'échange cyclique

DP-V1 Ce niveau contient des améliorations orientées vers l'automatisation des processus, en particulier le trafic de données acyclique pour la configuration, le contrôle, le traitement de la surveillance et de l'alarme, et le traitement des appareils de terrain intelligents, parallèlement au trafic de données utilitaires cyclique. Ceci permet un accès en ligne à des participants bus par le biais de Engineering Tools. En outre, DP-V1 reçoit une alarme. Il s'agit entre autres, notamment, de l'Alarme de Statut, de l'Alarme de mise à jour (Update-Alarme) et d'une Alarme spécifique fabricant.

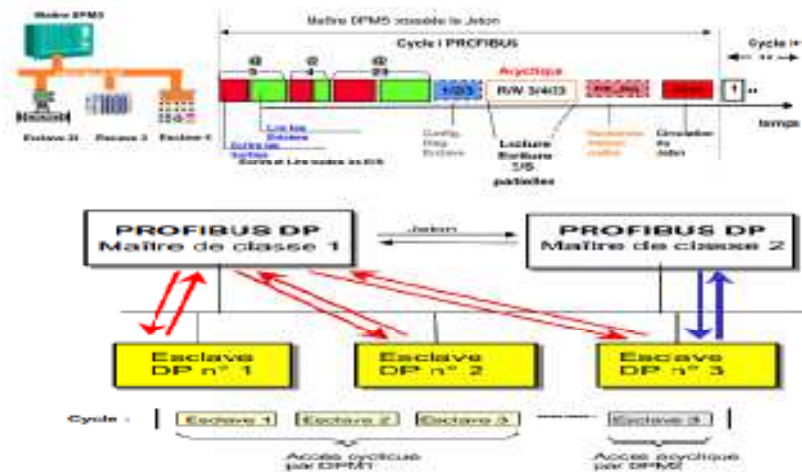


Figure13 : Trame d'échange Acyclique

DP-V2 Ce niveau contient d'autres additions et se concentre principalement sur les exigences de la technologie d'entraînement. Grâce à des fonctionnalités supplémentaires telles que, entre autres, le mode esclave et le trafic esclave croisé isochrone (Slave Cross Traffic), DP-V2 peut ainsi également être utilisé comme bus d'entraînement (Drive bus) pour contrôler des séquences de mouvements rapides d'axes d'entraînement.

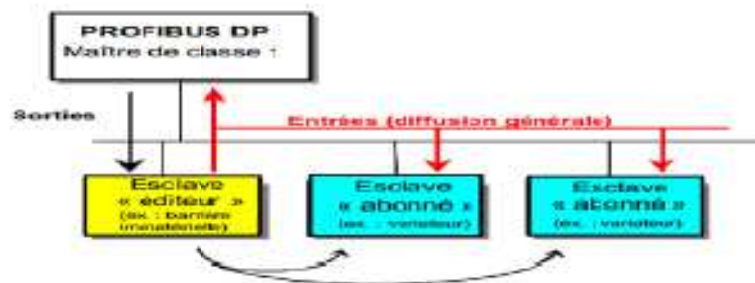


Figure14 : communication d'esclave à esclave

Ces profils fonctionnent tous suivant le même protocole, ils ne constituent pas à eux seuls une solution de communication mais complètent le standard pour faciliter et garantir l'interopérabilité de stations dédiées à des applications spécifiques et ce, quel qu'en soit le constructeur.

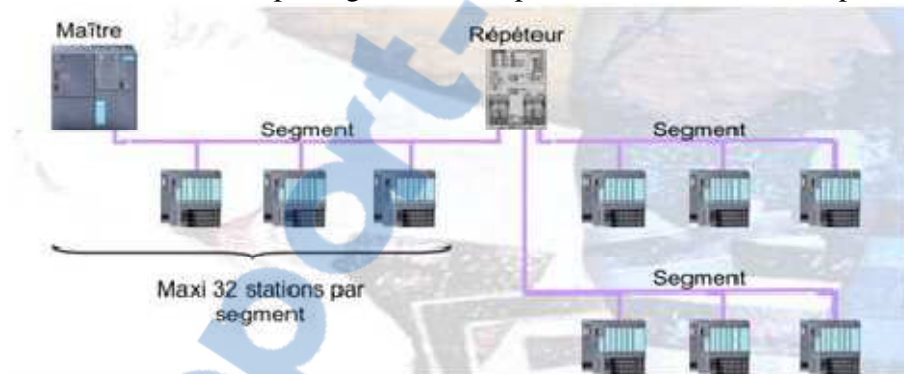
3. Déploiement du réseau

PROFIBUS est un réseau robuste qui assure une transmission fiable et de qualité si l'on respecte les règles d'installation préconisées. Les grands principes de câblage pour un réseau en RS 485 sont :

- Respect de la topologie bus. Les dérivations sont tolérées mais de manière très restrictives en fonction de la vitesse choisie.



Nombre de stations 32 par segment sans répéteur et 126 maxi avec répéteurs



- Respect des longueurs en fonction de la vitesse

Débit	<500 Kbit/s	500 Kbit/s	1,5 Mbit/s	>1,5 Mbit/s
Longueur en (m)	1200	400	200	100

4. Profils applicatifs

Les profils applicatifs de PROFIBUS décrivent l'interaction du protocole de communication avec la technique de transmission utilisée. Ils définissent également le comportement des équipements de terrain sur PROFIBUS

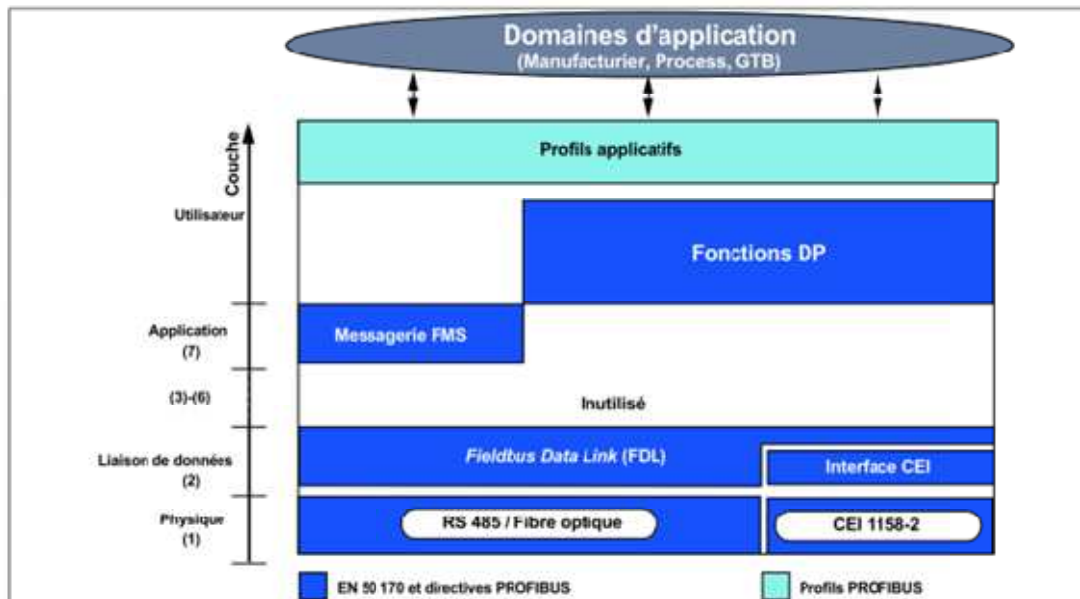


Figure 15: Architecture de communication de PROFIBUS

Au premier rang de ces profils « métier » figure PROFIBUS-PA, qui décrit les paramètres et les blocs de fonctions d'instruments de processus tels que transmetteurs, vannes et positionneurs.

D'autres profils sont à la variation électronique de vitesse, à la conduite et à la supervision (IHM), et aux codeurs avec, dans chaque cas de figure, la double mission d'établir des règles de transmission indépendantes du fournisseur et de définir le comportement de chaque type d'équipement.

5. Conseils pratiques d'installation

Le poste de conduite et de supervision héberge en général le système de pilotage du procédé ainsi que les outils d'exploitation et de développement communiquant sur PROFIBUS en RS 485. Sur le terrain, un coupleur de segment ou un link assure l'adaptation RS 485/CEI 1158-2 et, parallèlement, la télé alimentation des instruments de terrain.

Les conseils pratiques d'installation sont les suivant :

- ❖ Chaque installation de terrain devra supporter en continu un courant d'au moins 10 mA.
- ❖ Une seule source d'alimentation par segment de BUS de terrain.
- ❖ La longueur du câble ne doit pas être supérieure à 1000 m dans le cas d'une protection contre la combustion du type ia (zone 0), et de 1900 m avec une protection du type ib (zone 1 et 2).

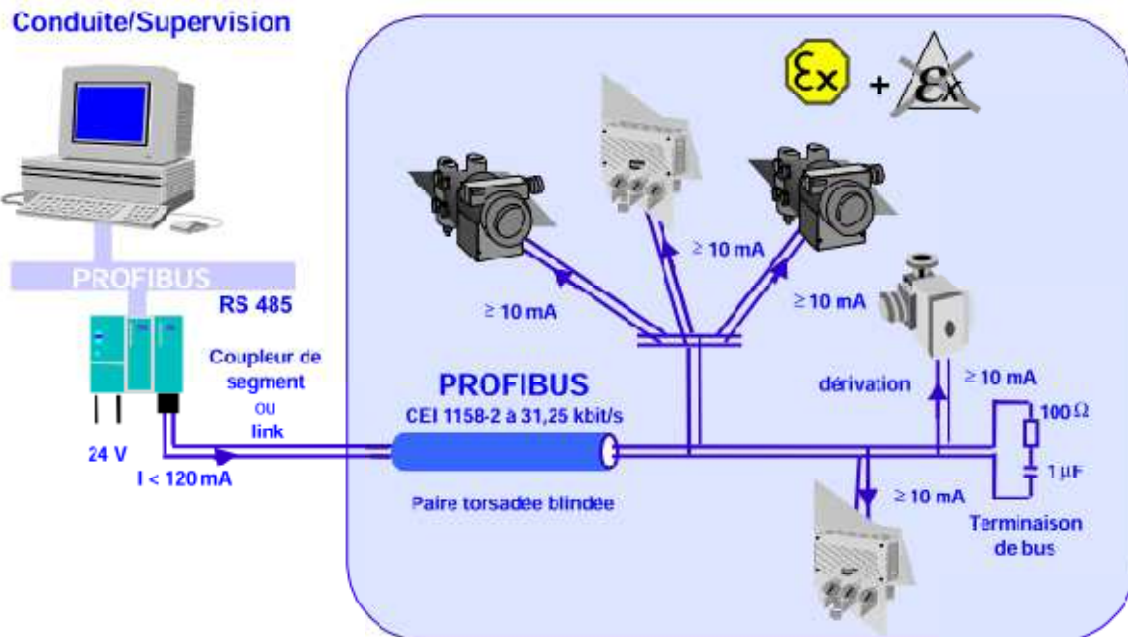


Figure 16: développement communiquant sur PROFIBUS en RS 485

Chaque extrémité du câble principal est équipée d'une terminaison de bus passive, constituée d'un élément RC connecté en série ($R = 100 \Omega$ et $C = 1 \mu F$). La terminaison de bus est déjà intégrée au coupleur de segment ou au Link.

6. Les Méthodes d'accès au canal

L'accès aux données se fait suivant le principe maître/esclave. Plusieurs maîtres peuvent se partager le réseau. Un jeton permet de réguler le trafic entre les différents participants.

Maître

Il existe 2 catégories de maîtres : Maître de classe 1 et Maître de classe 2.

- ❖ Maître de classe 1 : il s'agit du contrôleur du procédé, en général un automate ou un SNCC mais cela peut également être un PC. Il échange en permanence les données d'entrée et sortie avec les esclaves selon un cycle prédéterminé

- ❖ Maître de classe 2 : il s'agit d'un outil sur PC qui permet les opérations de configuration et de maintenance des esclaves PROFIBUS. Les échanges de données ne se

font pas de manière régulière mais en fonction des besoins, c'est une communication acyclique qui ne perturbe pas l'échange cyclique du maître de classe 1.

Esclaves

Il existe un grand nombre d'esclaves allant des plus simples aux plus sophistiqués. Exemples de stations esclaves:

- ❖ Variateurs de vitesse et contrôle de moteur Codeurs.



- ❖ Terminaux de dialogue et afficheurs.

La méthode du jeton pour les communications inter-maître : garantit l'accès au bus au moins une fois à chaque maître dans un temps donné. Le jeton est un droit de parole



Figure 17: Communication inter-maître

Chapitre III :

L'architecture matérielle et logicielles de la ligne 0 E

Ce chapitre est dédié à la description de la structure matérielles et logicielles de la ligne 0 E.

I.L'architecture existante dans la ligne de production 0E

Ce qui exige une communication continue, entre les différentes unités de production, et une architecture de système de contrôle, commande qui devra assurer cette communication. La figure suivante représente l'architecture générale des réseaux industriels (Fieldbus, Profibus).

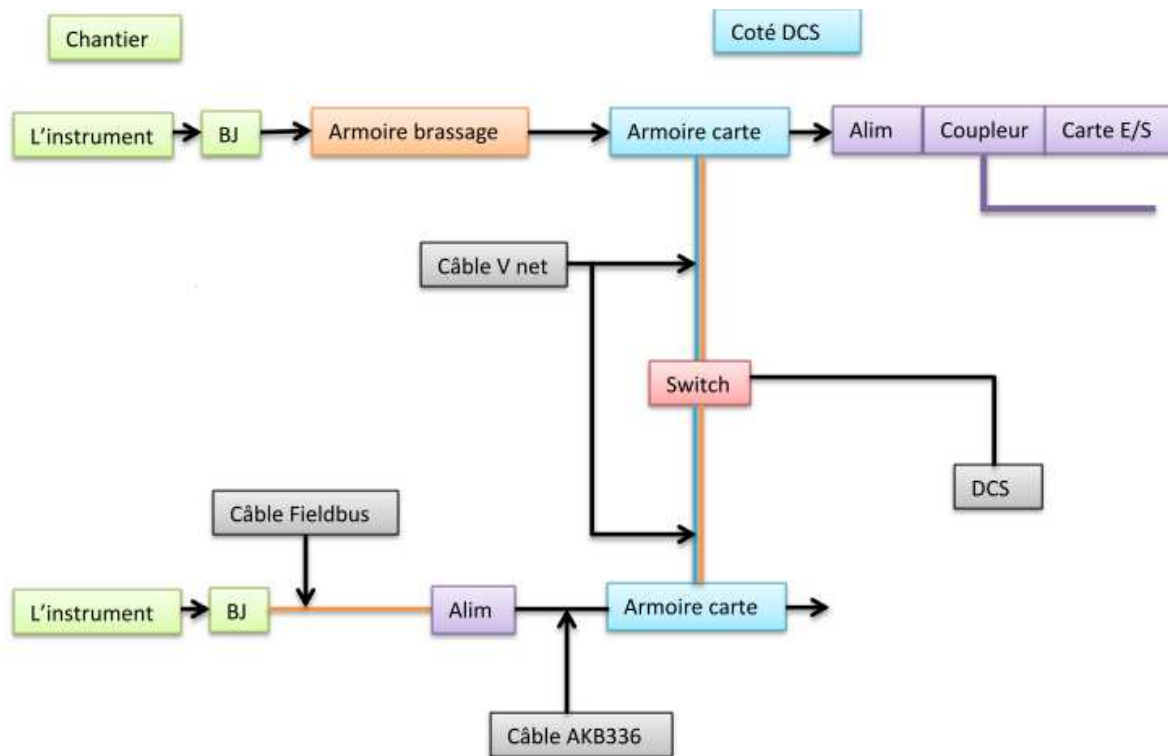


Figure 18: Architecture existante dans la ligne 0E

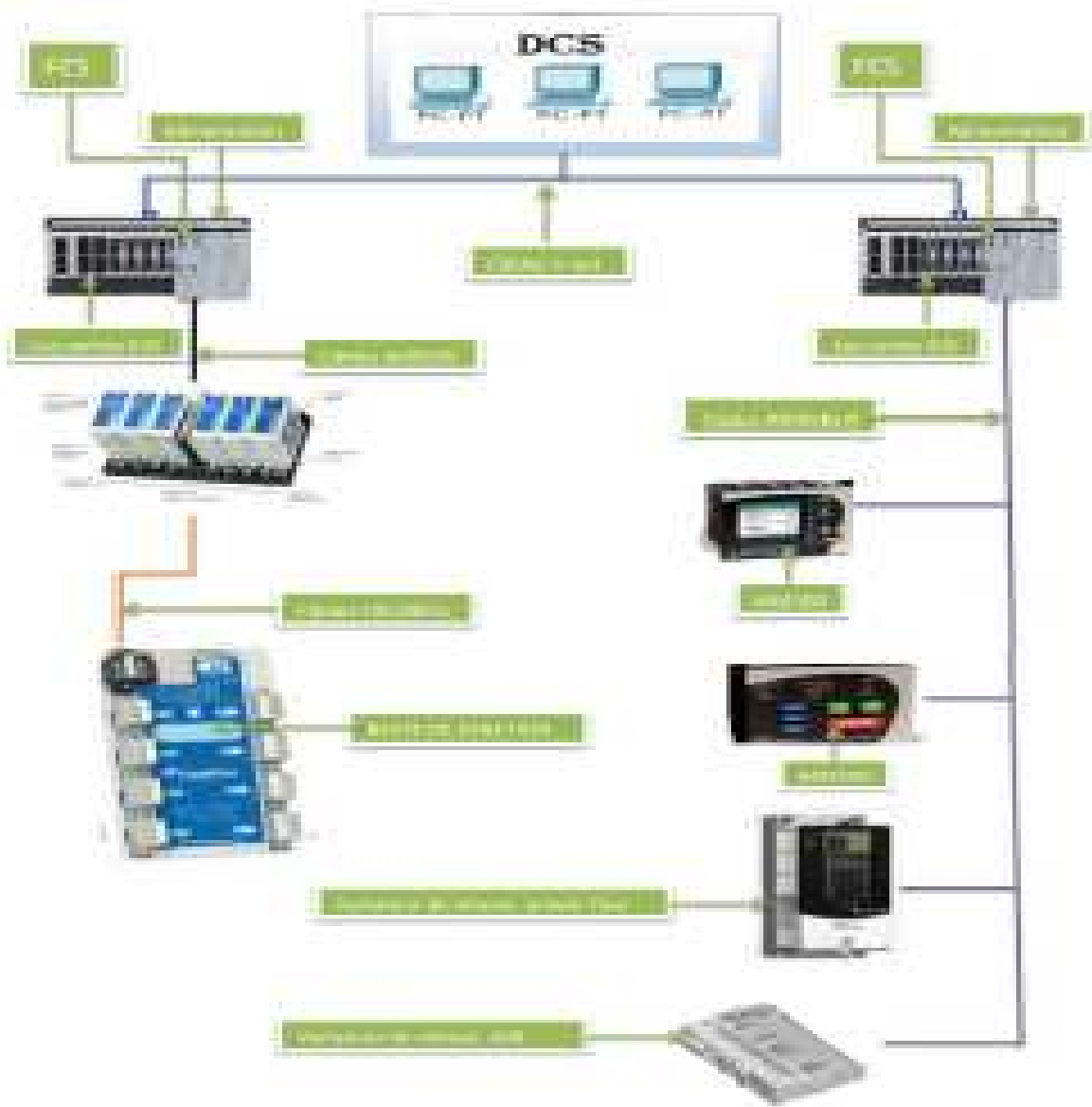


Figure 19 : L'architecture du système de commande DCS

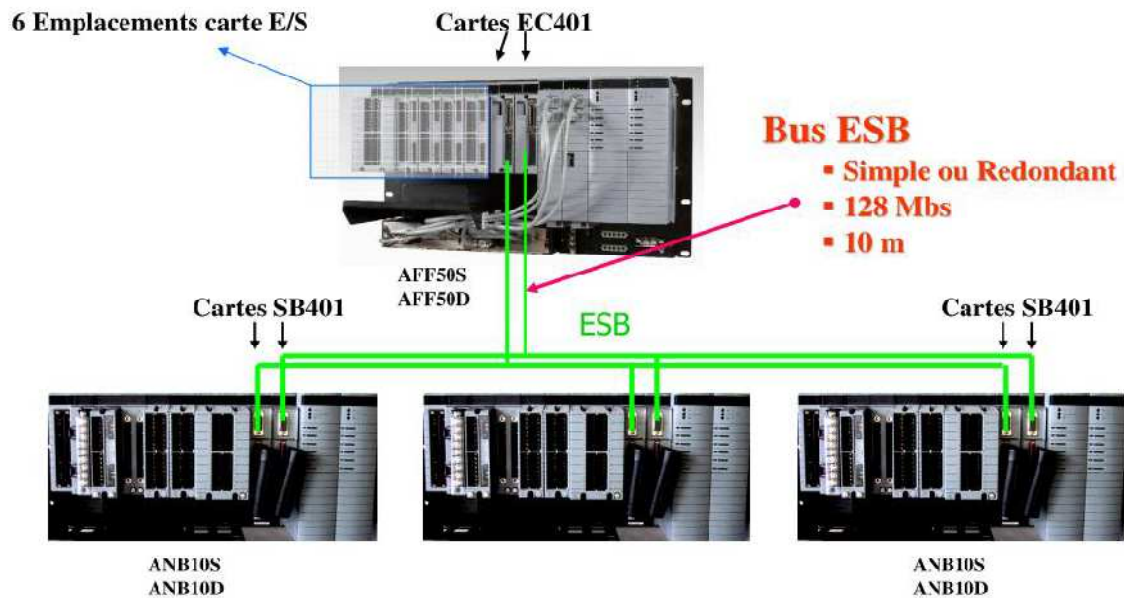


Figure 20: Architecture locale de FCS

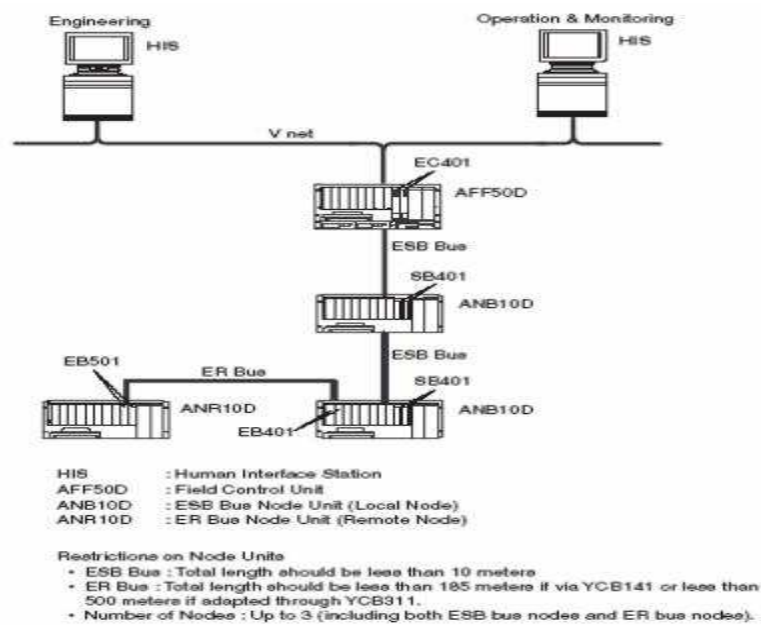


Figure 21: Architecture de FCS

II. Les composent existante dans la ligne OE

1. Variateur vitesse ABB

Un variateur de vitesse régule la vitesse et la force de rotation, aussi appelée couple, d'un moteur électrique.

ABB estime que ses variateurs de vitesse utilisés dans le monde entier permettent d'économiser environ 115 millions de mégawatheures par an, l'équivalent de 14 réacteurs nucléaires.

Cela représente également une réduction des émissions de dioxyde de carbone de 97 millions de tonnes par an, soit plus que les émissions annuelles d'un pays comme la Finlande.

En utilisant un variateur de vitesse sur un moteur de 30 kW tournant 5 000 heures par an pour contrôler le débit d'air d'un système de ventilation, on économise tous les ans 76 500 kW heures d'électricité par rapport à la régulation du débit par an amortisseur.

Les économies réalisées sont de 51 000 kW heures par an par rapport à la technique d'arrêt et de redémarrage des ventilateurs et de 52 500 kW heures par rapport à un moteur à deux vitesses.

Grâce à ces économies d'énergie, les investissements d'installation des variateurs peuvent être amortis en quelques mois seulement. Pour de nombreuses sociétés, les dépenses relatives à l'application aux pompes et aux ventilateurs sont amorties en moins d'un an.

L'application aux pompes et aux ventilateurs sont amorties en moins d'un an.

Mais pour l'instant, moins de 10 % des moteurs utilisés dans le monde entier sont équipés de variateurs de vitesse.

Les variateurs de vitesse sont disponibles en différentes tailles. Ils sont généralement présentés dans un caisson pouvant avoir la taille d'une brique de lait ou d'une armoire, suivant la taille du ou des moteurs régulés.

Les variateurs ABB matérialisent la maîtrise technologique du leader mondial de la variation électronique de vitesse, avec une gamme de produits sans équivalent chez aucun autre fournisseur. Pour les utilisateurs du monde entier, les variateurs ABB sont la référence en termes de fiabilité, de simplicité, de flexibilité et de fonctionnalité sur la totalité de leur cycle de vie.



Figure 22 : variateur de vitesse ABB

2. MM 200/300

La MM200/300 utilise le plus avancé technologies de communication disponibles aujourd'hui ce qui rend plus facile et un souple relais de protection du moteur à utiliser et d'intégrer dans les nouvelles et existantes infrastructures.

Communication multiple les ports et les protocoles permettent de contrôler et facile accès à l'information de la MM200/300. Tous les ports de communication sont capables de communication simultanément.

a. Principaux avantages

- ❖ Protection flexible, de contrôle, de communication et d'options à s'adapter à des applications basse tension moteur
- ❖ Boutons-poussoirs et voyants lumineux intégrés réduisent externe composants et le câblage
- ❖ protocoles de communication permet une intégration simple dans les systèmes de surveillance et de contrôle.
- ❖ panneau de commande en option fournit un contrôle local.

b. CARACTÉRISTIQUES

❖ **Protection et contrôle**

- Moteur Modèle thermique
 - déséquilibre actuel
 - Temps d'accélération
 - Défaut terre sensible
 - Haut-Starter Logic
- Auto / Manual Control • Entrées configurables • Défaut d'alimentation de redémarrage

❖ **Mesure et surveillance**

- Courant, charges moteur, capacité thermique

❖ **Interface utilisateur**

- Panneau de configuration en option avec des boutons-poussoirs de commande et LED des indicateurs d'état
- Inclut le logiciel de configuration EnerVista MM200 pour de simples programmation et la récupération de système ou un voyage d'information

c. Communications

- Mise en réseau par RS485
- Plusieurs protocoles Modbus RTU - Conforme ODVA DeviceNet Profibus alimentation interne
- Communications simultanées.



Figure 23 : MM200

3. Supervision des procédés

3.1. INTRODUCTION

Un logiciel de supervision fonctionne généralement sur un ordinateur en communication, via un réseau local industriel, avec un ou plusieurs équipements électroniques, Automate Programmable Industriel ou ordinateurs de commande directe (commande numérique).

Un logiciel de supervision est composé d'un ensemble de pages (d'écrans), dont l'interface opérateur est présentée sous la forme d'un synoptique.

Ce système assure aussi un rôle de gestionnaire d'alarmes, d'événements déclenchés par des dépassements de seuils, pour attirer l'attention de l'opérateur et d'enregistrement d'historique de défauts, de temps de fonctionnement, d'alarmes, de paramètres prédéterminés.

Synoptique

- ❖ Fonction essentielle de la supervision, fournit une représentation synthétique, dynamique et instantanée de l'ensemble des moyens de production de l'unité.
- ❖ Permet à l'opérateur d'interagir avec le processus et de visualiser le comportement normal.
- ❖ Permet à l'opérateur de visualiser le comportement anormal

Alarme

- ❖ Calcule en temps réel les conditions de déclenchement des alarmes
- ❖ Affiche l'ensemble des alarmes selon des règles de priorité,
- ❖ Donne les outils de gestion depuis la prise en compte jusqu'à la résolution complète
- ❖ Assure l'enregistrement de toutes les étapes de traitement de l'alarme

Historisation du procédé

- ❖ Permet la sauvegarde périodique de grandeurs.
- ❖ Permet la sauvegarde d'événements horodatés.
- ❖ Fournit les outils de recherche dans les données archivées.
- ❖ Fournit la possibilité de refaire fonctionner le synoptique avec les données archivées.
- ❖ Permet de garder une trace validée de données critiques (traçabilité de données de production) .

3.2. Systèmes de Supervision implantés dans la complexe Maroc Phosphore MP

La complexe Maroc Phosphore PMP est un grand système des productions continues, il regroupe plusieurs lignes.

Un système de supervision YOKOGAWA VP est utilisé dans :Ligne 0E.

3.3 .Système de supervision YOKOGAWA :

Les systèmes numériques de contrôle commande (SNCC) appelés aussi en anglais DCS (distributed control system) présentent des avantages de souplesse, efficacité et coût.

Au groupe OCP et particulièrement dans le Pôle Chimie Jorf Lasfar, l'implantation des systèmes numériques de contrôle commande a débuté en 1997 avec les nouveaux projets tels que EMAPHOS, IMACID...

Depuis le démarrage du complexe en 1985, les unités de l'atelier sulfurique sont pilotées à partir d'un tableau droit situé à la salle de contrôle. Ce tableau contient des instruments classiques de visualisation, de mesure et de régulation à base de technologie analogique (régulateurs, enregistreurs, indicateurs, Verrines d'alarme et tout l'automatisme à base de relais). Vu l'évolution de la technologie et pour une meilleure précision, rentabilité et disponibilité de l'installation une migration a eu lieu vers la technologie numérique, par l'installation d'un Système Numérique de Contrôle Commande (SNCC).

YOKOGAWA est un des leaders du marché de l'automatisation industrielle grâce à ses systèmes de contrôle distribué – DCS (Centum CS1000 / CS3000 R3/ VP R5). Il le restera encore dans l'avenir grâce au tout nouveau NCS – STARDOM: un système à l'architecture (réellement) ouverte qui met littéralement « en réseau » divers équipements distribués. Le **CENTUM VP** dernière génération de la solution SNCC de **Yokogawa** est l'évolution naturelle du **CENTUM CS 3000**.

Cette nouvelle génération va permettre de répondre au mieux aux besoins des utilisateurs, en mettant à disposition des opérateurs un Interface Homme Machine puissant et intuitif. Il est évident que ce système garantit une compatibilité ascendante totale avec les générations précédentes, participant ainsi réellement à la réduction du « Life Cycle Cost » demandée par les utilisateurs.

3.4. Principes généraux

Les caractéristiques de chacun de ces équipements font du **CENTUM VP** un SNCC aux performances et à la fiabilité inégalée : Les **FCS** sont les contrôleurs qui réalisent les fonctions d'automatisme continu ou séquentiel. La flexibilité apportée par la fonction native déport d'E/S permet d'optimiser les coûts de raccordement sans pénaliser le coût de programmation. Les postes opérateurs **HIS** mettent à disposition de l'opérateur l'ensemble des informations et événements nécessaires à la conduite des Unités processus, au travers principalement des vues synoptiques, historiques, et alarmes. Ces stations peuvent piloter jusqu'à 4 écrans, et être équipées d'un clavier opérateur de type Industriel

La station **EXAOPC** qui supporte les fonctions DA, A&E et HDA met à disposition des équipements MES existant sur le marché (Yokogawa dispose aussi d'un logiciel MES appelé EXAQUANTUM) l'ensemble des variables de la base de données système. (5)

Les GSGW et SIOS sont des passerelles de type Clients OPC. Elles font l'acquisition des informations et événements venant de systèmes externes pour les intégrer à la base de données du **CENTUM VP**. Ainsi l'opérateur aura à sa disposition sur les stations **HIS** la totalité des informations nécessaires à la surveillance et au contrôle du procédé. (5)

Le poste **PRM** est destiné au personnel d'instrumentation et de maintenance, afin assurer la gestion des instruments « intelligents » connectés au système par une liaison Fieldbus ou

HART. Cette station couvre les fonctions lecture, écriture, et archivage de paramètres ainsi que la saisie des rapports de maintenance.

3.5. Interface homme machine HIS

Un poste opérateur peut supporter jusqu'à 4 écrans. Une interface graphique simple et intuitive met à disposition de l'opérateur un navigateur dans lequel les vues sont organisées suivant une représentation hiérarchique calquée sur l'organisation des Unités pilotées par le **CENTUM VP**.

L'accès aux informations est protégé par un système de «Logging + mot de passe » par lequel chaque opérateur se verra attribuer un niveau d'accès ainsi qu'une liste des entités procédés sur lesquels il pourra agir.

Les vues d'historiques sont personnalisables en ligne afin de définir le mode de représentation, la liste des variables à intégrer sur la vue, et aussi choisir la fonction Zoom à appliquer sur l'échelle des temps et/ou sur l'échelle des variables.

Un Logiciel de gestion des alarmes **CAMS**, disponible en standard, fournit une aide précieuse à l'opérateur. Directement à partir de la vue d'alarme l'opérateur définit en ligne des filtres. L'activation d'un filtre, par simple clic, mettra à disposition de l'opérateur, dans une fenêtre dédiée, les seules informations utiles et nécessaires.

Il peut ainsi évaluer au mieux les décisions à prendre et faire face aux différentes situations critiques en fonction de l'état du procédé y compris en cas d'avalanche (liée à un déclenchement par exemple).

De plus la sélection d'une alarme sur l'écran fait apparaître tout le détail associé : la nature, l'origine, la classification, ainsi qu'un guide opérateur spécifique à chacun des états de cette alarme.



Figure 24 : Supervision sur yokogawa

III.Support de transmission

Pour transmettre des informations d'un point à un autre, il faut un canal qui servira de chemin pour le passage de ces informations. Ce canal est appelé canal de transmission ou support de transmission. En réseau informatique, téléinformatique ou télécoms industriels, on distingue plusieurs sortes de support de transmission, nous allons voir :

- Les câbles à paires torsadées
- Les câbles coaxiaux
- Les câbles à fibre optique

1. Les câbles à paires torsadée

Les câbles à paires torsadées sont des câbles constitués au moins de deux brins de cuivres entrelacés en torsade (le cas d'une paire torsadée) et recouverts des isolants. En réseau informatique, on distingue deux types de câbles à paires torsadées :

- Les câbles STP
- Les câbles UTP

Les câbles STP (shielded twisted pairs) sont des câbles blindés. Chaque paire est protégée par une gaine blindée comme celle du câble coaxial. Théoriquement les câbles STP peuvent transporter le signal jusqu'à environ 150m à 200m.

Les câbles UTP (Unshielded twisted pair) sont des câbles non blindés, c'est-à-dire aucune gaine de protection n'existe entre les paires des câbles. Théoriquement les câbles UTP peuvent transporter le signal jusqu'à environ 100m. Les câbles à paires torsadées possèdent 4 paires torsadées.

2. Les câbles coaxiaux :

Le câble coaxial est composé d'un fil de cuivre entouré successivement d'une gaine d'isolation, d'un blindage métallique et d'une gaine extérieure. On distingue deux types de câbles coaxiaux :

- les câbles coaxiaux fins
- les câbles coaxiaux épais

Le câble coaxial fin (thinNet) ou 10 base-2 (le nom 10 base-2 est attribué grâce à la norme Ethernet qui l'emploie) mesure environ 6mm de diamètre. Il est en mesure de transporter le signal à une distance de 185m avant que le signal soit atténué.

Le câble coaxial épais (thickNet) appelé aussi 10 base-5 grâce à la norme Ethernet qui l'emploie, mesure environ 12mm de diamètre. Il est en mesure de transporter le signal à une distance de 500m avant que le signal soit atténué.

3. Les câbles à fibre optique

La fibre optique reste aujourd'hui le support de transmission le plus apprécié. Il permet de transmettre des données sous forme d'impulsions lumineuses avec un débit nettement supérieur à celui des autres supports de transmissions filaires. La fibre optique est constituée du cœur, d'une gaine optique et d'une enveloppe protectrice.

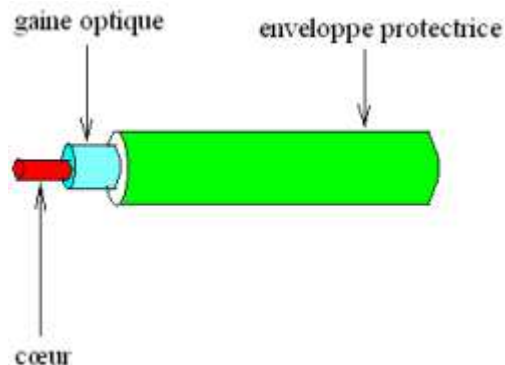


Figure 25: Fibre optique

On distingue deux sortes des fibres optiques :

- les fibres multimodes
- les fibres monomodes

Les fibres multimodes ou MMF (Multi Mode Fiber) ont été les premières fibres optiques sur le marché. Le cœur de la fibre optique multimode est assez volumineux, ce qui lui permet de transporter plusieurs trajets (plusieurs modes) simultanément. Il existe deux sortes de fibre multimode : La fibre multimode à saut d'indice et la fibre optique multimode à gradient d'indice. Les fibres multimodes sont souvent utilisées en réseaux locaux.

La fibre monomode ou SMF (Single Mode Fiber) a un cœur si fin. Elle ne peut pas transporter le signal qu'en un seul trajet. Elle permet de transporter le signal à une distance beaucoup plus longue (50 fois plus) que celle de la fibre multimode.

4. le choix du câble

Le choix du type de câblage qui sera utilisé pour les liens physiques du réseau est très important. Il est basé sur les performances attendues du réseau, ses types d'utilisations et également le budget disponible pour l'implantation du réseau. Les critères à considérer sont les suivants :

a. Le Débit :

Le temps que prendra l'information pour voyager d'un point à un autre du réseau.

b. La longueur du réseau :

Les signaux électriques qui se propagent sur un conducteur s'affaiblissent plus la distance qu'ils parcourent est grande. La nature des signaux transmis (de faible voltage et de type numérique) fait que la distance qu'ils peuvent parcourir se situe entre une dizaine de mètres à une centaine de mètres.

c. Les connecteurs utilisés :

Le type de connecteur nécessaire varie selon le matériel informatique utilisé et le type de câble.

d. Difficultés d'installation :

Les câbles de type paire torsadée et coaxiaux sont relativement faciles d'installation. Par contre si on désire installer de la fibre optique, on devra faire appel à un spécialiste dans le domaine.

e. Sensibilité aux perturbations électromagnétiques :

Les perturbations électromagnétiques et les champs magnétiques entravent considérablement la diffusion des informations sur le câble. S'il faut installer un segment dans ce genre d'environnement, il faudra envisager l'utilisation d'un câble blindé (coaxial ou STP) ou d'une fibre optique.

5. Les caractéristiques de chaque type de câblage :

La paire torsadée ou 10Base T :

❖ Impédance :

De 100 à 150 ohms. Plus l'impédance est élevée, moins il y a de perte du signal, mais le diamètre du conducteur augmente, ainsi que son prix.

❖ ACR (Atténuation Cross Talk Radio) :

C'est le rapport entre l'atténuation du signal en fonction de sa longueur. Cette valeur est exprimée en dB et se situe entre 4 dB et 20 dB. Plus cette valeur est élevée, meilleure est la liaison.

❖ Nombre de brins :

Câble multibrins : destiné aux câbles courts et souples. Il subit une plus grande atténuation du signal.

Câble monobrin : plus rigide. Il subit une plus faible atténuation du signal.

❖ Diamètre du conducteur :

Entre 0,5mm et 0,9mm. Plus le diamètre est grand, plus la distance à parcourir possible est grande.

❖ Blindage :

Le blindage permet l'atténuation des perturbations magnétiques. On retrouve la UTP (Unshielded Twisted Pair ou Paire torsadée non blindée). La plus utilisée et la moins chère.

Il y a cinq catégories de câbles à paires torsadées.

Catégorie	Utilisation	Débit
1	Fil utilisé dans les réseaux téléphoniques	Maximum 1 Mbits/sec
2	Utilisé dans les réseaux basse vitesse	maximum 3 Mbits/sec
3	Réseau 10base T	10 à 16 Mbits/sec
4	Réseaux Token Ring	16 à 20 Mbits/sec
5	100Base T, réseau à haute vitesse	100 Mbits/sec

Figure 26 : catégorie de câble à paires torsadées

Les câbles à base de paires torsadées ont les propriétés suivantes :

- Débit important sur courte distance.
- Distance maximale entre un concentrateur et un nœud : 100 mètres pour un réseau Ethernet .
- Pose facile.
- Connecteur RJ-45.

Les câbles coaxiaux

Il existe deux types de câbles coaxiaux :

10Base5 ou Ethernet épais :

Ce type de câble est surtout utilisé pour le câblage primaire d'un réseau.

- ❖ Impédance de 50 ohms.
- ❖ Longueur maximum : 500 mètres par brin. Les tronçons de câble doivent avoir une longueur multiple de 23,4 mètres pour que les réflexions produites par les raccords soient superposées déphasées.
- ❖ Distance entre chaque connexion : minimum 2,50 mètres et seulement sur les points marqués sur le câble.
- ❖ Nombre maximum de connexion : maximum 100 connexions par brin.

10Base 2 ou Ethernet fin :

- ❖ Impédance de 50 ohms
- ❖ Longueur maximum : 185 mètres
- ❖ Distance entre chaque connexion : minimum 50 cm
- ❖ Nombre maximum de connexions par segment : 30 stations

Les câbles coaxiaux ont les propriétés suivantes:

- Débit important : 10 Mbits/sec à 100 Mbits/sec
- Nécessitent une terminaison de 50 ohms à chaque extrémité
- Excellente protection contre les perturbations électromagnétiques

La Fibre optique :

- Débit : 1 Gbits/sec
- Distance maximale : 1 à 2 kilomètres entre chaque équipement et 10 km pour l'ensemble du réseau
- Perte de signal quasiment nulle
- Plus complexe d'installation, nécessite du personnel qualifié pour l'installation
- Insensible aux perturbations électromagnétiques
- Écoute clandestine impossible
- Coût très élevé

Chapitre IV:

Remède des perturbations sur les câbles de transmission

On était menée dans notre période de stage de trouver les causes des perturbations des données sur un câble paires torsadée et la proposition des solutions possible pour une bonne transmission.

Cahier de charge

On était menée dans notre période de stage de trouver les causes des perturbations des données sur un câble paires torsadée et la mise en place des solutions possible pour une bonne transmission.

I. Perturbateurs :

1. Atténuation - Bande passante

Un support de transmission atténue toujours tant soit peu le signal qu'il transmet. Mais cette atténuation dépend souvent fortement de la fréquence du signal.

Le comportement le plus général d'un support de transmission est donné par la première courbe ci-dessous. Cette courbe donne l'affaiblissement T du signal (rapport de la tension de sortie U_s sur la tension d'entrée U_e) en fonction de la fréquence f du signal.

Ce support se comporte comme un filtre passe-bande dont il faut retenir la notion de Bande Passante à - 3 dB.

Retenez que -3 dB correspondent à un transfert de puissance de 50% et à un affaiblissement de la tension égal à l'inverse de la racine carrée de 2. C'est un affaiblissement d'environ 30% en tension.

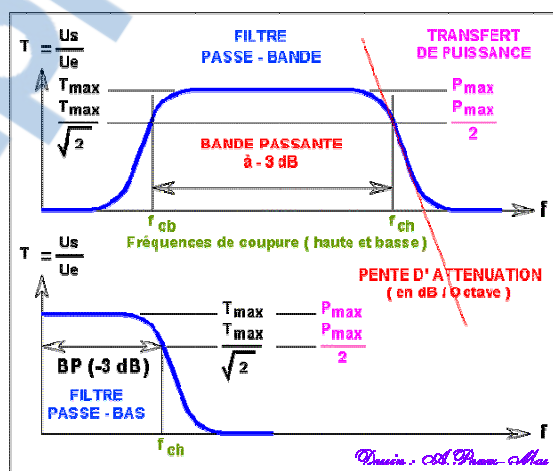


Figure 27 : Atténuation d'un support de transmission

2. Ondes stationnaires T.O.S.

Ce phénomène apparaît lorsque des réflexions se produisent sur un support de transmission, mettons par exemple à l'extrémité opposée au générateur de signal

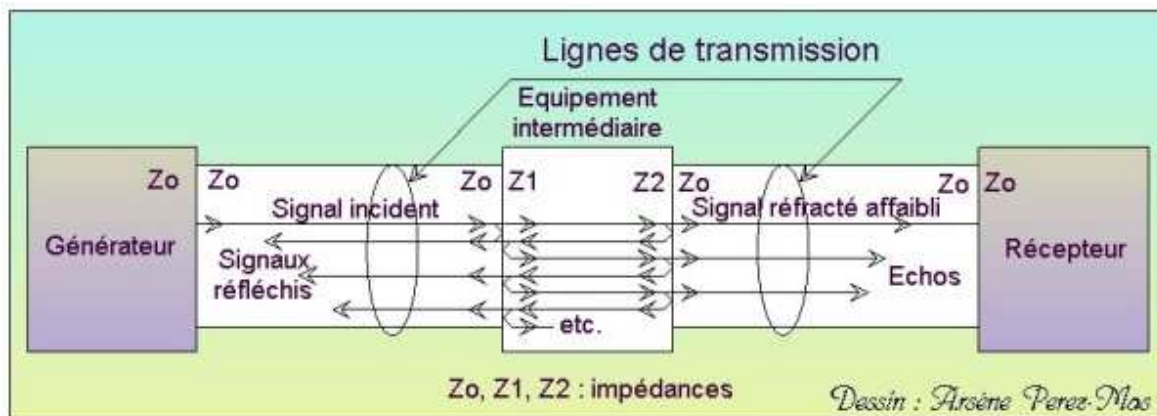


Figure 28: Ondes stationnaire

Chaque point intermédiaire du câble reçoit l'onde directe et l'onde réfléchi.

Suivant la position du point par rapport aux extrémités il peut se produire trois cas :

- Les deux signaux arrivent en phase : le signal résultant est amplifié à cet endroit alors appelé "ventre".
- Les deux signaux arrivent en contrephase : ils s'annulent, ou plus généralement ils se retranchent l'un l'autre faisant apparaître un signal résultant faible appelé "nœud".
- Cas intermédiaire où la valeur du signal résultant se situe entre celle des nœuds et celle des ventres.

Le câble est alors une succession de nœuds et de ventres à des endroits fixes. C'est pourquoi on appelle cette disposition un état d'ondes stationnaires. Le rapport d'intensité de signal entre nœuds et ventres s'appelle le taux d'onde stationnaire T.O.S. Il peut être mesuré par un TOSmètre.

Tout branchement d'une station en un point intermédiaire aura un résultat très aléatoire sans parler des échos qui peuvent se manifester de plusieurs manières, toujours perturbantes. Par exemple, en télévision, les échos font apparaître des images parasites qui se reproduisent à l'identique de gauche à droite avec un léger affaiblissement de l'une à l'autre, comme un motif de papier peint.

3) Diaphonie :

On nomme diaphonie (parfois « bruit » ou « crosstalk » en anglais) l'interférence d'un premier signal avec un second. On trouve des traces du premier signal, dans le signal du second, souvent à cause de phénomènes d'induction électromagnétique.

Afin de minimiser la diaphonie, on utilise par exemple des paires torsadées dans les câbles servant aux transmissions de données dans les réseaux informatiques.

Le fait de torsader les paires diminue cet effet perturbateur, Elle peut atteindre des niveaux fortement perturbants si les câbles sont accidentellement comprimés ou posés à l'aide d'agrafes trop fortement martelées.

On mesure la diaphonie en injectant un signal de spectre fréquentiel et de tension normalisés sur l'extrémité d'une paire, Puis en disposant un appareil de mesure (généralement gradué en dB) sur une extrémité d'un câble voisin.

Toutes les autres extrémités du câble doivent être fermées par des résistances égales à la résistance caractéristique des paires du câble. (50 ou 75 ou 100 Ohm suivant les câbles).

Comme on le voit sur la figure ci-dessous deux positions sont possibles pour l'appareil de mesure. Elles aboutissent à deux valeurs généralement différentes :

La para-diaphonie ou ortho-diaphonie.

Ces deux mesures permettent entre autre de localiser un défaut de pose par rapport aux deux extrémités.

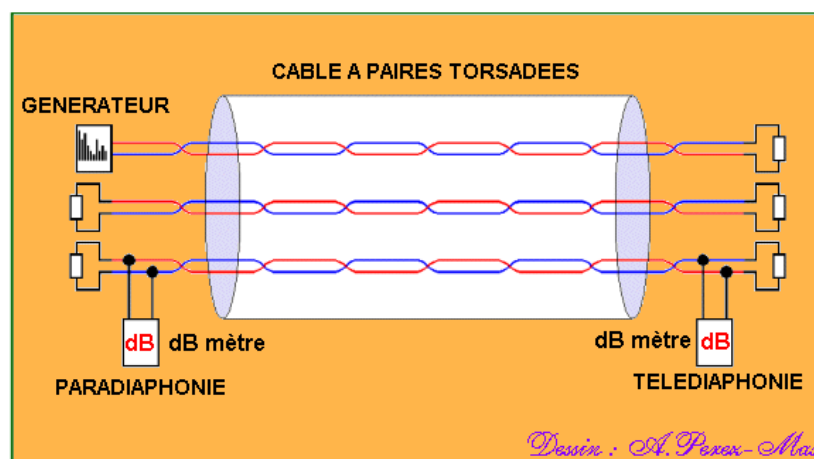


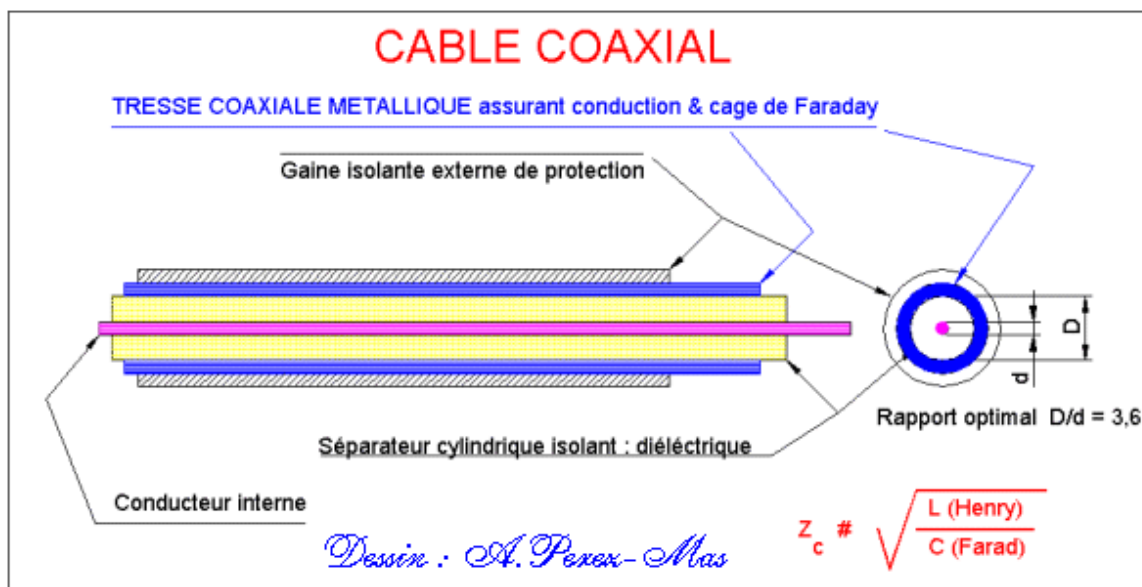
Figure 29 : Diaphonie

II. Les solutions proposées pour faire face à ces pertes :

Pour se protéger physiquement des perturbateurs :

- antiparasiter les appareils producteurs de parasites (obligation légale aux constructeurs)
- éloigner les passages de câbles des lieux parasités
- utiliser des chemins de câble métalliques faisant office de cage de Faraday
- utiliser des câbles blindés
- utiliser des câbles coaxiaux
- mettre en œuvre le mode de transmission différentiel.

1. Utilisation du câble coaxial :



Le conducteur central est complètement entouré du conducteur cylindrique externe qui joue le rôle de "cage de Faraday" lorsqu'il est relié à un potentiel fixe par rapport à l'environnement.

Les parasites peuvent ainsi difficilement induire des courants dans l'espace inter-conducteur.

Une deuxième propriété du câble coaxial est, s'il est construit avec régularité, de posséder des constantes de capacité C et d'inductance L linéiques constantes. Donc une impédance caractéristique Z_c constante.

Ce dernier point lui confère des pertes inductives et capacitives minimales à condition que le générateur qui l'alimente (producteur des signaux) et le récepteur qu'il alimente (récepteur des signaux) aient une impédance interne de Thevenin identique à Z_c (mesurées en Ohm).

Un autre type de câble à constantes réparties est le "twin lead" également utilisé en télévision et en réception radiophonique Modulation de Fréquence pour relier l'antenne au récepteur.

L'impédance d'une ligne dépend des dimensions D et d ainsi que de la constante diélectrique du matériau constituant l'espace isolant qui sépare les deux conducteurs (diélectrique).

Toute déformation due par exemple à un défaut de pose ou à un choc, perturbe la continuité de l'impédance caractéristique et expose à des réflexions du signal en ligne pouvant entraîner des réflexions telles que des échos.

Il peut s'en suivre un régime d'ondes stationnaires produit par les interférences internes des ondes réfléchies et réfléchies. Lorsque le taux d'onde stationnaire T.O.S. dépasse un certain seuil, il apparaît le long du câble des "nœuds" où le signal est très faible et des "ventres" où il est très fort.

Un équipement branché sur un nœud recueillera un signal très faible sinon nul.

2. Transmission différentielle :

La signalisation différentielle, ou transmission différentielle, est une méthode de transmission de signaux sur une ligne symétrique, c'est-à-dire utilisant deux conducteurs différents pour transmettre l'information — typiquement, des fils —. Elle consiste à envoyer sur un fil le signal et sur l'autre le signal opposé. On reconstitue le signal à l'arrivée en effectuant la différence des signaux.

Par exemple, si sur un fil « 1 » est codé par une tension de 5 V et « 0 » est codé par 0 V, alors sur l'autre fil « 1 » est codé par -5 V et « 0 » est codé par 0 V. À l'arrivée on fait la différence des signaux si la différence est 10 V, on a reçu un « 1 » ; si la différence est un 0 V, on a reçu un « 0 ».

Même si une perturbation électromagnétique dégrade le signal d'un fil, la différence est inchangée, car on suppose que cette perturbation dégrade de la même manière l'autre fil. On réalise ainsi une transmission relativement immune au bruit.

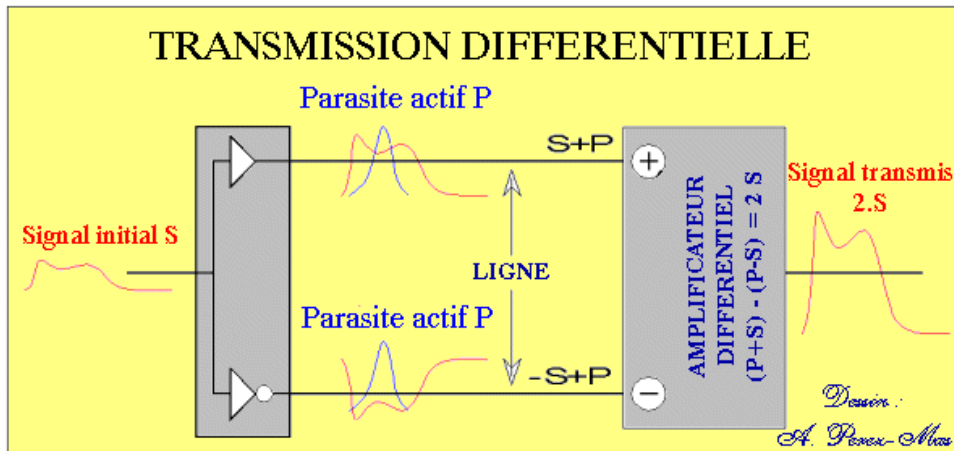


Figure30 : Transmission différentiel

3. Blindage électromagnétique :

Le blindage électromagnétique ou blindage électrique est un blindage qui consiste à réduire le champ électromagnétique au voisinage d'un objet en interposant une barrière entre la source du champ et l'objet à protéger. La barrière doit être faite d'un matériau conducteur électrique. Les blindages

électromagnétiques sont principalement utilisés pour protéger des équipements électroniques des parasites électriques et des radiofréquences.

Le blindage peut réduire l'influence des micro-ondes, de la lumière visible, d'autres champs électromagnétiques et des champs électrostatiques. Plus particulièrement, une enceinte conductrice utilisée pour isoler des champs électrostatiques est connue sous le nom de cage de Faraday. En revanche, un blindage électromagnétique ne peut pas isoler des champs magnétostatiques, pour lesquels le recours à un blindage magnétique est nécessaire.

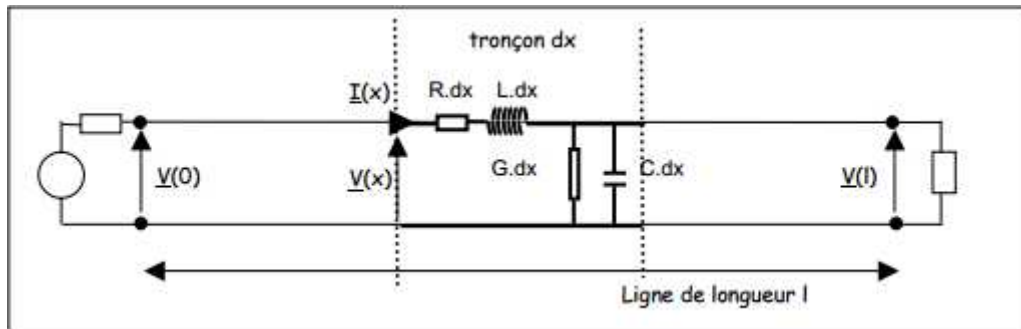
L'efficacité du blindage dépend du matériau utilisé, de son épaisseur et de la fréquence à bloquer.

Les matériaux utilisés le plus couramment comme blindage électromagnétique sont des feuilles et des grilles métalliques, des gaz ionisés et des plasmas. De façon à assurer le blindage, les trous dans les grilles et feuillets doivent être significativement plus petits que la longueur d'onde de la radiation à bloquer.

Une autre méthode courante de blindage, surtout utilisée dans les appareils électroniques grand public équipés d'un boîtier plastique, consiste à recouvrir l'intérieur du boîtier avec une encre métallique. Cette encre est usuellement constituée d'une dispersion de particules de nickel ou de cuivre dans une solution liquide. L'encre est dispersée à l'aide d'un atomiseur et, une fois sèche, forme une couche conductrice continue. Lorsqu'elle est reliée à la masse de l'appareil, elle forme un blindage efficace.

4. Modélisation de la ligne :

Dans l'étude et l'utilisation des lignes, il faut tenir compte de la vitesse de propagation v du signal toujours inférieure ou égale à la vitesse de la lumière c .



Pour l'étude, on découpe la ligne en tronçons de longueur dx qui seront caractérisés par :

- une résistance série $R.dx$ en général très faible (prendra $R = 0$, pas de pertes)
- une conductance parallèle $G.dx$ en général très faible (prendra $G = 0$, isolation parfaite))
- une inductance série $L.dx$, où L est l'inductance linéique (0,5 à 5 mH/m)
- une capacité parallèle $C.dx$, où C est la capacité linéique (50 à 100 pF/m)

Si le générateur fournit un signal sinusoïdal, la tension $V(x)$ et le courant $I(x)$ dépendent de la position x et on montre que ces grandeurs vérifient les équations appelées équations des télégraphistes :

$$\frac{d^2 \underline{V}(x)}{dx^2} + LC \omega^2 \underline{V}(x) = 0 \quad \text{et} \quad \frac{d^2 \underline{I}(x)}{dx^2} + LC \omega^2 \underline{I}(x) = 0$$

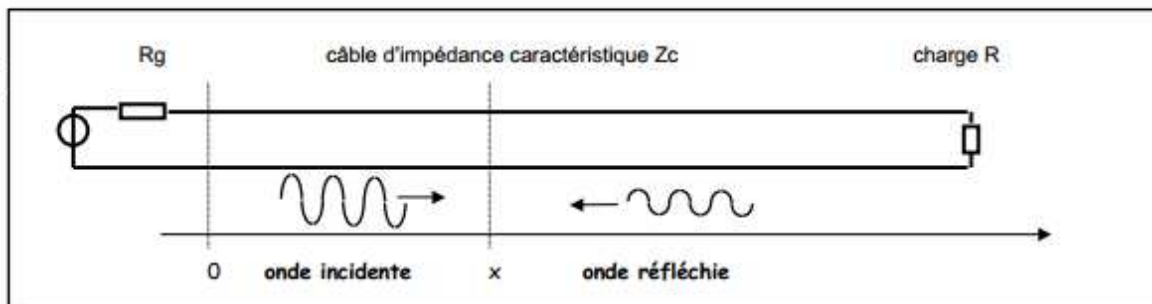
Ces deux équations différentielles du second ordre admettent les solutions sinusoïdales suivantes :

$$v(x,t) = V_1 \cos(\omega t - kx) + V_2 \cos(\omega t + kx) \quad \text{avec} \quad k = \frac{\omega}{v} \quad v = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

$$i(x,t) = \frac{V_1}{Z_c} \cos(\omega t - kx) - \frac{V_2}{Z_c} \cos(\omega t + kx) \quad Z_c = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

La tension sur la ligne est la somme de deux ondes progressives se propageant en sens contraire :

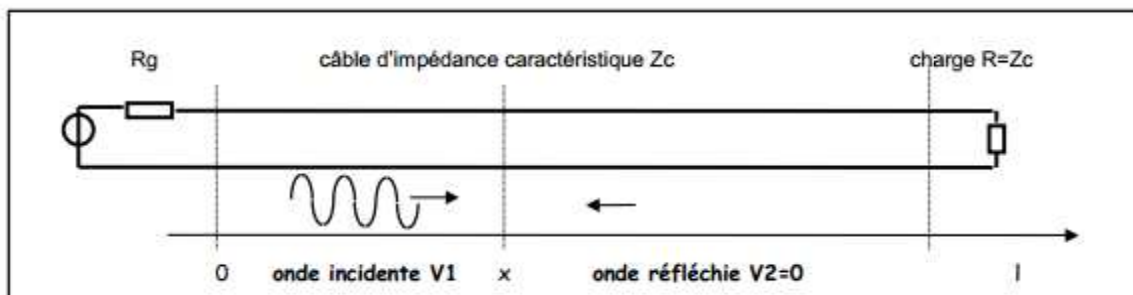
- $V_1 \cos(\omega t - kx)$ est une onde progressive d'amplitude V_1 se propageant de la source vers la charge avec une vitesse v . On l'appelle **onde incidente**.
- $V_2 \cos(\omega t + kx)$ est une onde progressive d'amplitude V_2 se propageant de la charge vers la source : c'est l'**onde réfléchie**.



En général, le signal appliqué à l'entrée d'un câble coaxial va se propager vers la sortie, et une partie de ce signal va se réfléchir sur la résistance terminale et revenir vers la source.

5. *La ligne adaptée :*

On dit qu'une ligne est adaptée si elle est terminée sur une résistance égale à son impédance caractéristique



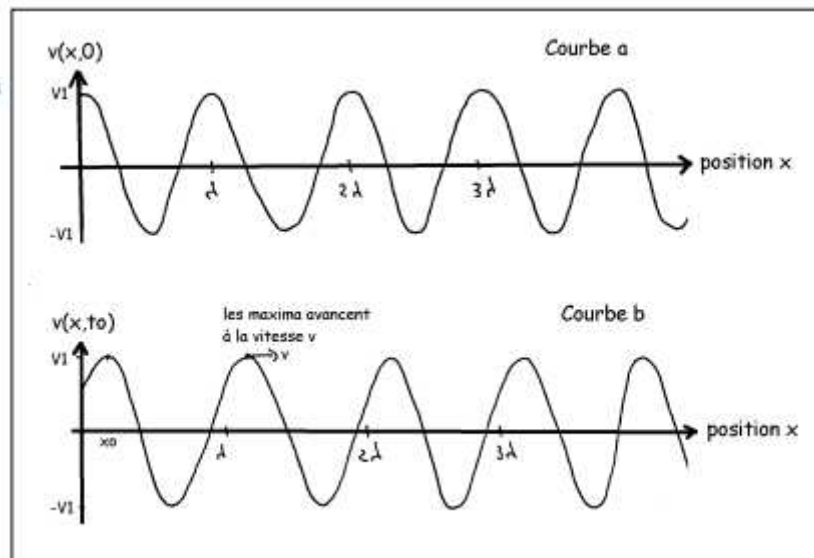
Dans ce cas, il n'y a pas d'onde réfléchie et on a $V_2 = 0$

Si une ligne est adaptée, il n'y a pas d'onde réfléchie et on a simplement sur la ligne une onde progressive se propageant de la source vers la charge.

⇒ la tension sur la ligne a pour expression : $v(x,t) = V1.\cos(\omega t - kx) = V1.\cos(\omega(t-x/v))$

- à l'entrée de la ligne ($x = 0$) on a : $v(0,t) = V1.\cos(\omega t)$.
- à une distance x de l'entrée, on a : $v(x,t) = V1.\cos(\omega t - \varphi)$ avec $\varphi = \omega.x/v$

les points en phase avec l'entrée sont séparés par un intervalle tel que le déphasage soit un multiple de 2π : $\varphi = \omega.x/v = n.2\pi$ avec n entier soit $x = n.2\pi.v/\omega = n.v/f = n.\lambda$



Après 2 secondes, tous les maxima ont avancé d'une distance $x_0 = v.t_0$. La ligne est le siège d'une onde progressive se déplaçant à la vitesse v de la source vers la charge.

⇒ à l'entrée, tension et courant sont en phase et la ligne adaptée se comporte vu de l'entrée comme une simple résistance de valeur :

$$Re = V(0)/I(0) = Zc .$$

- si une ligne d'impédance caractéristique Zc est adaptée, cette ligne a une impédance d'entrée résistive et égale à Zc

CONCLUSION

Au cours de ce stage, nous avons beaucoup appris. Les apports que nous avons tirés de cette expérience professionnelle peuvent être regroupés autour de deux idées principales les compétences acquises et la vie en société.

Compétences acquises

C'était une occasion pour nous de mettre en pratiques nos connaissances théoriques et techniques que nous avons acquis au sein de la Faculté des Science et technique de FES.

La vie en société

Notre stage à Maroc Phosphore **JorfLasfar** a été très instructif. Au cours de ces trois mois, nous avons pu observer le déroulement des travaux dans une société de valorisation et commercialisation des phosphates.

Au-delà, de l'activité de chacun des services, nous avons pu apprendre comment s'articulent les différents départements d'une telle société.

Par ailleurs, les relations humaines entre les différents employés de la société, indépendamment de l'activité exercée par chacun d'eux, nous a appris sur le comportement à avoir en toute circonstance.

BIBLIOGRAPHIE

<http://tvaira.free.fr/reseaux/CoursRLI-partie3.pdf>

http://romain.raveaux.free.fr/teaching/RR_6_terrain_v2.pdf

<http://rpatrick.monassier.free.fr/cours/profibus>

<http://sitelec.org/cours/abati/modbus.htm>

<http://www.abb.fr/product/fr/9AAC100211.aspx>

<https://www.gedigitalenergy.com/multilin/catalog/mm300.htm>

<http://www.yokogawa.com/>

<http://arsene.perez-mas.pagesperso-orange.fr/transmission/lignes/supports.htm>