

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET
POPULAIRE

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique

Université d'Annaba

Institut de Science et Technologie



Projet de fin d'études pour l'obtention
du diplôme Master II en
Electrotechnique Industrielle

Thème

**Commande d'un Moteur Asynchrone
Triphasé
par un Capteur et Variateur**

Présenté par :

- Mlle. Daoudi Ines

Examiné par :

Mr. Kahoul. N

Membre du jury :

- Président : Ouari Ahmed
- Examineur : Maghni Billel

ANNÉE UNIVERSITAIRE.....2020-2021

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

"وقل ربي زدني علما"

طه 114

DÉDICACES

Je rends grâce à **dieu** de m'avoir donné le courage et la volonté ainsi que la conscience d'avoir pu terminer mes études.

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chère **mère** et **père** pour toutes ses tendresses et pour ses nombreux sacrifices. Que Dieu les garde.

A mon très chers sœurs **khouloud** et **Massa** pour l'encouragement et affection qu'ils m'ont prodigués durant mes études. Que Dieu me lui garde.

Mon frère et toute la famille **Daoudi**.

A toutes mes amies.

A tous ceux qui m'aiment.

Enfin je dédie ce modeste travaille à mon **grand père** et ma **grand-mère** décédé en 2017.

Ines Daoudi

Remerciements

Tout d'abord, je remercie *Dieu* tout puissant m'avoir donné le courage et la bonne santé pour accomplir mon travail et de m'avoir guidé vers le bon chemin tout le long de mes études.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance et mes sincères remerciements *MONSIEUR KAHOUL*, qui a fait preuve de gentillesse, d'une compréhension et d'une patience infinie envers moi en vue de surmonter mes difficultés, pendant toute la durée de l'encadrement.

Je remercie également :

Mr *DAOUDI YACINE*, Mr *ZEGHIDA MOHAMED* et l'autre équipe de m'avoir pendant mon séjour au site.

J'adresse mes vifs remerciements à tous les personnels du service *MRE*.

Je tiens à remercier également les membres du jury pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant de juger notre travail.

Que tout le personnel de l'institut d'*ELT*, trouve ici l'expression de mon gratitude et mes vifs remerciements, sans oublier, tous mes enseignants et collègues pendant toute la durée de mes études.

Que les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de mon projet de fin d'études et qui n'ont pas été citées, puissent accepter mes excuses et trouver dans ces mots l'expression de nos vifs remerciements.

Sommaire

Chapitre I : Moteur asynchrone triphasé

| | | |
|-------|---|----|
| I. | Les moteurs asynchrones triphasés..... | 01 |
| I.1 | Constitution du moteur asynchrone triphasé..... | 01 |
| I.1.1 | Stator = inducteur..... | 02 |
| I.1.2 | Rotor = induit | 02 |
| I.1.3 | Rotor bobiné | 02 |
| I.1.4 | Courants d'induits..... | 02 |
| I.1.5 | Entrefer..... | 02 |
| I.1.6 | Glissement..... | 03 |
| I.2 | La plaque des caractéristiques du moteur asynchrone triphasé..... | 03 |
| I.3 | Couplage du stator..... | 04 |
| I.4 | Relations Electrique/mécanique..... | 04 |
| I.5 | Modélisation et schéma équivalent..... | 04 |

Chapitre II : Les capteurs et les variateurs de la vitesse

| | | |
|----------|--|----|
| II.1 | Les capteurs..... | 08 |
| II.1.1 | Les capteurs en instrumentation industrielle..... | 08 |
| II.1.1.1 | Définition et caractéristiques générales | 08 |
| II.1.1.2 | Capteurs actifs..... | 09 |
| II.1.1.3 | Capteurs passifs..... | 09 |
| II.1.1.4 | Capteurs composites..... | 10 |
| II.1.1.5 | Grandeurs d'influence..... | 10 |
| II.1.1.6 | La chaine de mesure..... | 10 |
| II.1.1.7 | Capteurs intégrés..... | 11 |
| II.1.1.8 | Capteurs intelligents..... | 12 |
| II.1.1.9 | Les signaux des capteurs d'instrumentation industrielle..... | 12 |
| II.2 | Les variateurs..... | 14 |
| II.2.1 | Le variateur de vitesse..... | 14 |

| | |
|---|----|
| II.2.2 Principe de base des variateurs de vitesse..... | 15 |
| II.2.3 Le variateur de vitesse est composé essentiellement..... | 15 |
| II.2.4 Fonction des variateurs de vitesse..... | 16 |
| II.2.4.1 L'accélération contrôlée..... | 16 |
| II.2.4.2 La décélération contrôlée..... | 17 |
| II.2.5 La variation et la régulation de vitesse..... | 17 |
| II.2.6. L'inversion du sens de marche..... | 18 |
| II.2.7 Le freinage d'arrêt..... | 18 |

Chapitre III : Rapport du stage

| | |
|---|----|
| III.1 HISTORIQUE..... | 20 |
| III.1.1- Situation géographique du complexe | 20 |
| Le complexe ARCELOR-METAL d'El-Hadjar est situé à l'Est du pays dans la zone..... | 20 |
| III.1.2- Historique du complexe sidérurgique d'El-Hadjar | 20 |
| III.1.3- L'organigramme du complexe..... | 23 |
| III.2. Description de l'unité de maintenance et régulation électronique MRE..... | 24 |
| III.2. 1 Organigramme hiérarchique..... | 24 |
| III.3. Théorie de la régulation industrielle | 25 |
| III.3.1- Introduction..... | 25 |
| III.3.2- Définition..... | 25 |
| III.3.3- Principe de fonctionnement de la boucle de régulation..... | 26 |
| III.3.4- Phase-mesure..... | 26 |
| III.3.5- Phase-comparaison..... | 26 |
| III.3.6- Phase-calcul..... | 26 |
| III.3.7- Phase-action..... | 26 |
| III.4- Schéma fonctionnel d'un système..... | 27 |
| III.5 –Composition d'une boucle de régulation..... | 27 |
| III.5.1- La sortie X | 28 |
| III.5.2- Le retour M..... | 28 |
| III.5.3- La consigne C | 28 |

| | |
|---|----|
| III.5.4- La perturbation Z | 28 |
| III.6- Les zones fondamentales de la chaine de régulation :..... | 29 |
| III.7- Eléments d'une chaine de régulation..... | 30 |
| III.7.1- Le capteur | 30 |
| III.7.2- Le transformateur | 30 |
| III.7.3- Le comparateur | 30 |
| III.7.4- Le régulateur | 30 |
| III.7.5- L'actionneur..... | 30 |
| III.7.6- Le procédé | 31 |
| III.8 Expérience «commande d'un moteur asynchrone par un encodeur»..... | 31 |
| III.9. La fiche technique d'encodeur HENGSTLER..... | 32 |
| III.10 Description..... | 33 |
| Conclusion..... | 36 |
| Conclusion générale..... | 37 |

Liste des figures

| | |
|---|-----------|
| Fig.01 : Le moteur asynchrone triphasé..... | 01 |
| Fig.02 : Constitution d'un moteur asynchrone..... | 01 |
| Fig.03 : Stator et le rotor d'un moteur asynchrone..... | 02 |
| Fig.04 : La plaque signalétique d'un moteur asynchrone..... | 03 |
| Fig.05 : Couplage d'un moteur asynchrone..... | 04 |
| Fig.06 : Schéma équivalent d'un moteur asynchrone..... | 05 |
| Fig.07 : Schéma équivalent d'un moteur asynchrone..... | 06 |
| Fig.08 : Circuit équivalent d'un moteur asynchrone..... | 06 |
| Fig.09 : Evolution d'un mesurande et les réponses correspondantes du capteur..... | 08 |
| Fig.10 : Structure d'un capteur composite..... | 10 |
| Fig.11 : Constitution de chaînes de mesure | 11 |
| Fig.12 : Structure générale d'un capteur intégré..... | 11 |
| Fig.13 : Schéma de principe d'un capteur intelligent Rosemont modèle 2051..... | 12 |
| Fig.14 : Principe de raccordement de capteurs industriels sur un automate programmable ou un contrôleur d'un système numérique de contrôle-commande..... | 12 |
| Fig.15 : Correspondance entre le signal normalisé 4-20 mA et l'étendue de mesure d'un capteur..... | 13 |
| Fig.16 : Variateur électronique de vitesse..... | 14 |
| Fig.17 : Les composants d'un variateur..... | 16 |
| Fig.18 : Fonction du variateur de vitesse..... | 16 |
| Fig.19 : Boucle ouverte..... | 17 |
| Fig.20 : Boucle fermée..... | 18 |
| Fig.21 : L'organigramme du complexe Arcelor Métal..... | 23 |
| Fig.22 : Organigramme hiérarchique de(MRE)..... | 24 |
| Fig.23 : Exemple de régulation niveau d'un réservoir..... | 25 |
| Fig.24 : Schéma d'une boucle de régulation d'un niveau de réservoir..... | 27 |
| Fig.25 : Termes spécifiques de boucle de régulation..... | 27 |
| Fig.26 : Chaîne de traitement des informations..... | 29 |
| Fig.27 : Commande d'un moteur asynchrone par encodeur..... | 31 |
| Fig.28 : La plaque signalétique d'un moteur asynchrone..... | 32 |

INTRODUCTION

Les machines asynchrones, de part leur robustesse et leur rapport poids/puissance, sont largement utilisées dans l'industrie. Assurer leur continuité de fonctionnement nécessite la mise en place de programmes de maintenance préventive et corrective. En effet, la fiabilité et la sûreté de leur fonctionnement permettent en partie d'assurer la sécurité de personnes, la qualité du service et la rentabilité des installations [CAS 03].

Malheureusement, les contraintes nouvelles et l'intégration de ces machines dans des systèmes de conversion d'énergie de plus en plus complexe rendent le diagnostic plus difficile. Le choix d'une approche est lié à la connaissance que l'on souhaite acquérir sur le système, mais aussi à la complexité de ce système.

Ainsi, deux grandes familles de procédures sont utilisées dans le domaine du diagnostic en génie électrique : les méthodes de diagnostic à la base de modèles analytiques et les méthodes sans modèle [CAS 03] [BOU 01].

Les méthodes à base de modèle analytiques proposent sur le suivi des paramètres et des grandeurs de la machine, au moyen d'algorithmes d'observation. Elles détectent les défaillances en comparant l'évolution de l'écart entre le modèle et le processus réel. Le principal avantage de ces méthodes réside dans l'intégration d'une connaissance a priori du système et donc un filtrage de l'information [CAS 03].

Les méthodes sans modèle sont basées sur l'extraction d'information par le biais du traitement des signaux mesures. Les signaux mesurables {les courants, les tensions, la vitesse, les vibrations, la température} peuvent fournir des informations significatives sur les défauts.

A partir de ces grandeurs caractéristiques du fonctionnement des machines électriques, la mise en œuvre de méthodes décisionnelles permet de concevoir des systèmes de surveillance ou des algorithmes performants au service du diagnostic [BOU 01]. Les performances de ces méthodes sont étroitement liées à la pertinence des indicateurs de défauts retenus et à la finesse d'analyse des mesures.

Les entraînements électriques asynchrones se trouvent assez souvent au cœur des processus industriels. Leur défaillance peut donc entraîner de graves conséquences sur la sécurité des matériels et des personnes surtout dans le cas d'une défaillance critique.

Chapitre I

Les moteurs asynchrones triphasés

I. Les moteurs asynchrones triphasés :

Transformant l'énergie électrique en énergie mécanique en utilisant des phénomènes électromagnétiques, les moteurs asynchrones triphasés, ou moteurs à induction triphasés, représentent 80 % du parc moteur électrique. Ils permettent un échange d'énergie bidirectionnelle entre une installation électrique parcourue par un courant électrique alternatif et un dispositif mécanique.

Le moteur asynchrone peut être relié à un réseau électrique alternatif monophasé ou polyphasé. Le succès des moteurs triphasés est dû à leurs performances jusqu'à 50 % supérieures à leurs homologues monophasés.

Le moteur asynchrone triphasé est largement utilisé dans l'industrie, sa simplicité de construction en fait un matériel très fiable et qui demande peu d'entretien.



Fig. 1: Moteur asynchrone triphasé

I.1 Constitution du moteur asynchrone triphasé :

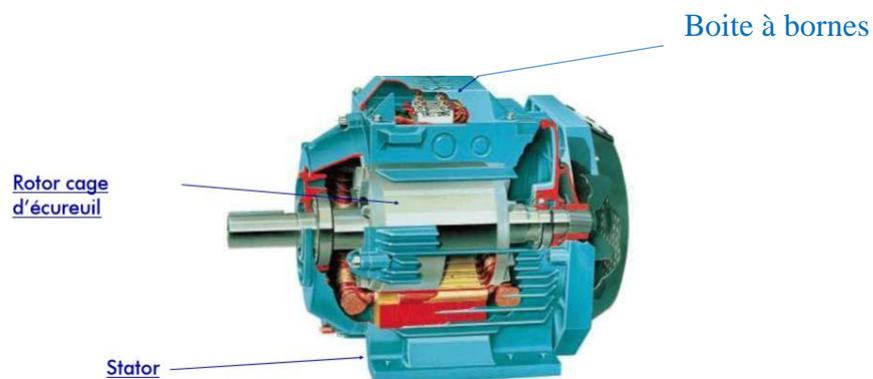


Fig.2 : constitution du moteur asynchrone triphasé

I.1.1 Stator = inducteur :

Il est constitué de trois enroulements (bobines) parcourus par des courants alternatifs triphasés et possède p paires de pôles.

Les courants alternatifs dans le stator créent un champ magnétique tournant à la pulsation du rotor.

I.1.2 Rotor = induit :

Le rotor n'est relié à aucune alimentation. Il tourne à la vitesse de rotation Ω .

Rotor à cage d'écureuil .Il est constitué de barres conductrices très souvent en aluminium. Les extrémités de ces barres sont réunies par deux couronnes également conductrices. On dit que le rotor est en court-circuit. Sa résistance électrique est très faible.

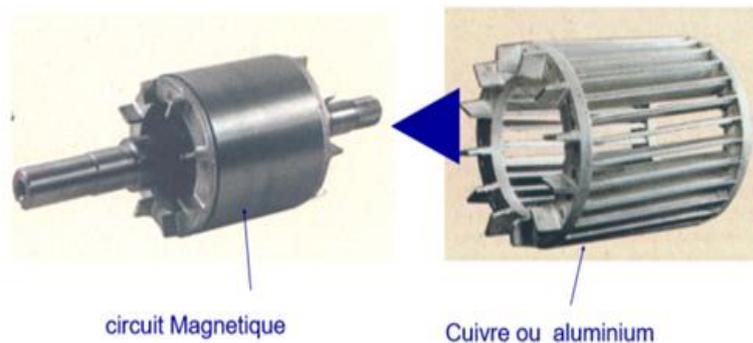


Fig.3 Stator et le rotor d'un moteur asynchrone

I.1.3 Rotor bobiné :

Les tôles de ce rotor sont munies d'encoches où sont placés des conducteurs formant des bobinages.

On peut accéder à ces bobinages par l'intermédiaire de trois bagues et trois balais. Ce dispositif permet de modifier les propriétés électromécaniques du moteur.

I.1.4 Courants d'induits :

Des courants induits circulent dans le rotor.

I.1.5 Entrefer :

L'entrefer est l'espace entre le stator et le rotor

I.1.6 Glissement :

Le rotor tourne à la vitesse Ω . plus petite que la vitesse de synchronisme Ω_s . On dit que le rotor « glisse » par rapport au champ tournant.

Ce glissement g va dépendre de la charge.

I.2 La plaque des caractéristiques du moteur asynchrone triphasé :

Exemple :

- Tension nominale $U_n = 400$ V
- Courant nominal $I_n = 8.9$ A
- Fréquence nominale $f_n = 50$ Hz
- Cos phi nominal $\cos \Phi_n = 0.82$
- Vitesse nominale $N_n = 1440$ t/min

(Proche de la vitesse de synchro. 1500 t/min $\Rightarrow P=2$)

- La perte de vitesse est $1500 - 1440 = 60$ t/min.

Définition du glissement : $g = (N_s - N) / N_s$, C'est un rapport en (P.U en %).

Glissement Nominal g_n quand $N = N_n$

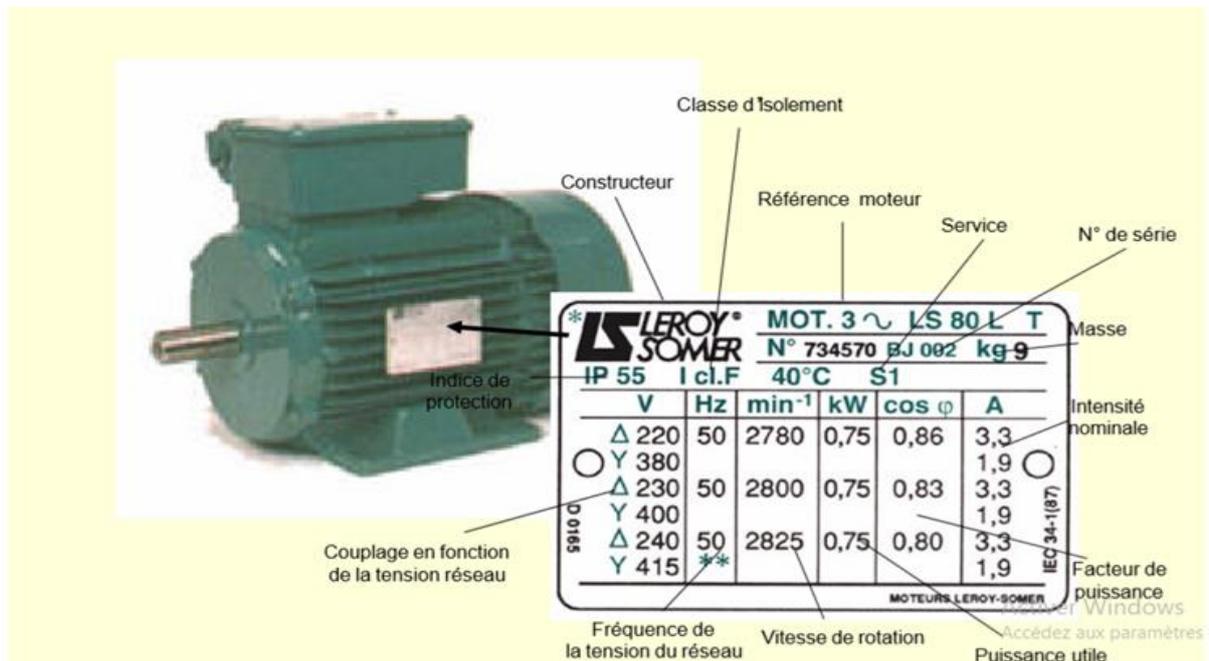


Fig.4 La plaque signalétique d'un moteur asynchrone

I.3 Couplage du stator :

Le couplage des enroulements statorique permet de faire fonctionner les moteurs asynchrones sous deux tensions. Il est fonction de la tension du réseau et de la tension que peuvent supporter les enroulements. Le couplage est réalisé par une connexion, à l'aide de barrettes, sur la plaque à bornes.

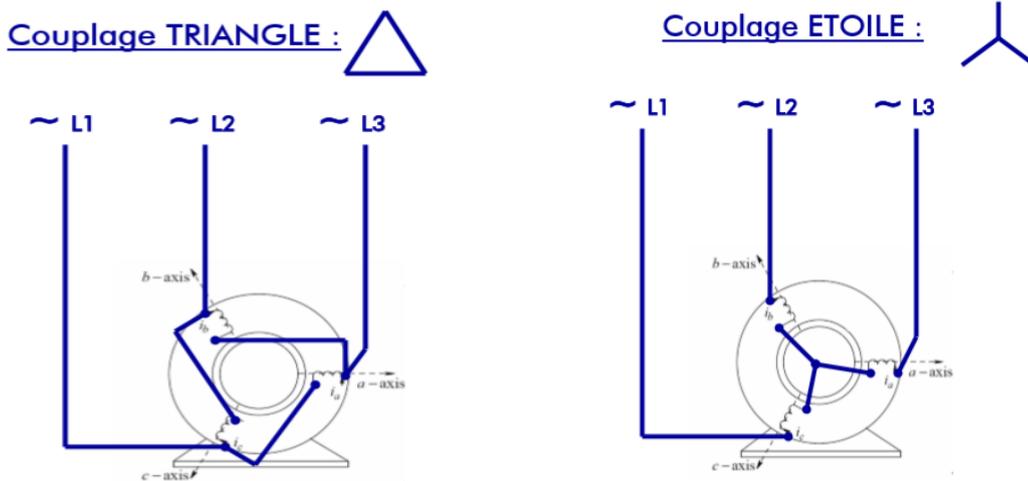


Fig.5 Couplage d'un moteur asynchrone :

I.4 Relations Electrique/mécanique :

- Pulsation Electrique : ω (rd/s) = $2 \pi \cdot F$ (Hz).
- Pulsation Mécanique: Ω (rd/s) = ω (rd/s) / P (nombre de paires de pôles).

$$\Omega$$
 (rd/s) = $2 \pi \cdot N$. (t/min) /60

I.5 Modélisation et schéma équivalent :

Circuit Equivalent :

- **Modèle (1 phase en ETOILE) :**

Le dipôle simplifié est vu comme un transformateur dont le secondaire en court-circuit est en rotation par rapport au primaire :

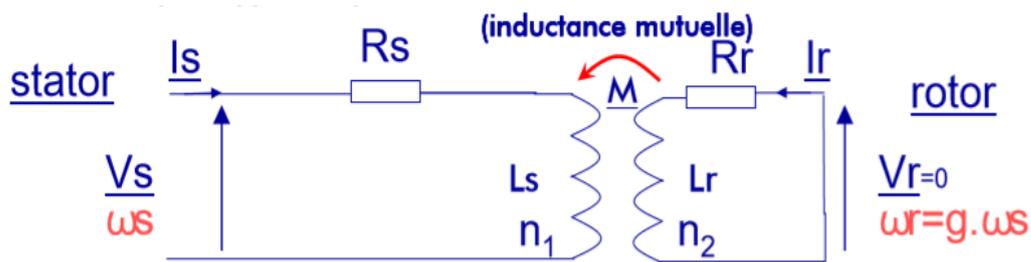


Fig.6 Schéma équivalent d'un moteur asynchrone

Transformation avec branche magnétisante commune :

Equations mailles :

$$(1) V_s = R_s \cdot I_s + J \cdot L_s \cdot \omega_s \cdot I_s + J \cdot M \cdot \omega_s \cdot I_r$$

$$(2) V_r = 0 = R_r \cdot I_r + J \cdot L_r \cdot \omega_r \cdot I_r + J \cdot M \cdot \omega_r \cdot I_s$$

Mais $\omega_r = g \cdot \omega_s$ alors on peut diviser (2) par g , donc:

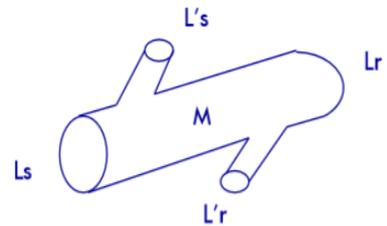
$$(2) V_r = 0 = R_r \cdot I_r / g + J \cdot L_r \cdot \omega_s \cdot I_r + J \cdot M \cdot \omega_s \cdot I_s$$

En posant : $L's = L_s - M$ et $L'r = L_r - M$.

On obtient :

$$(1) V_s = R_s \cdot I_s + J \cdot L's \cdot \omega_s \cdot I_s + J \cdot M \cdot \omega_s \cdot (I_s + I_r)$$

$$(2) V_r = 0 = R_r \cdot I_r / g + J \cdot L'r \cdot \omega_s \cdot I_r + J \cdot M \cdot \omega_s \cdot (I_s + I_r)$$



Branche magnétisante commune :

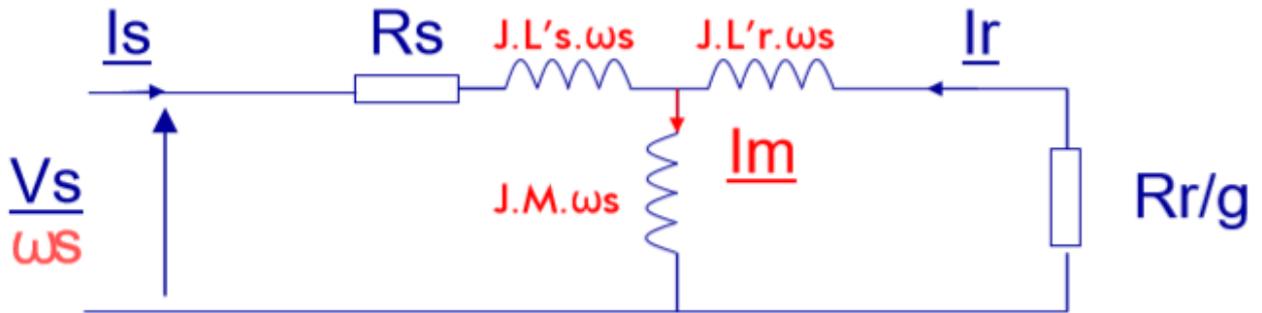


Fig.7 Schéma équivalent des enroulements d'un moteur asynchrone

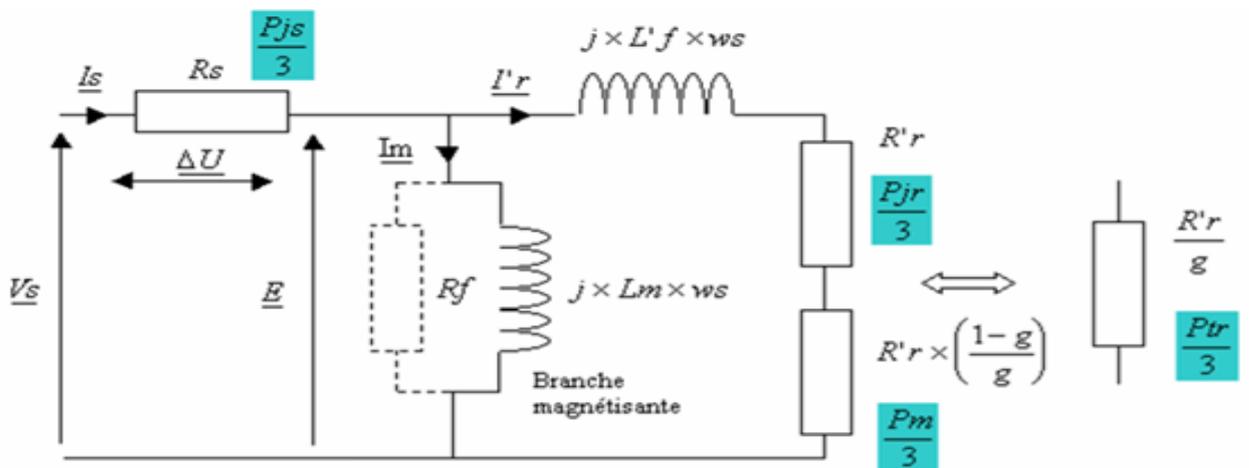


Fig.8 Circuit équivalent d'un moteur asynchrone

- **Pjs**: Pertes joules statoriques = $3 * R_s * I_s^2$
- **Ptr**: Puissance transmise au rotor (entrefer) = $3 * (R'_r / g) * I_r^2$
- **Pm**: Puissance mécanique utile (arbre) = $3 * [R'_r * (1-g) / g] * I_r^2 = (1-g) * P_{tr}$
- **Pjr**: Pertes joules rotoriques = $3 * R'_r * I_r^2 = g * P_{tr}$
- **Pabs**: Puissance absorbée = $P_{js} + P_{tr} = 3 * V_s * I_s * \cos \phi$

Chapitre II

Les capteurs et les variateurs de vitesse

II.1 Les capteurs :

II.1.1 Les capteurs en instrumentation industrielle :

II.1.1.1 Définition et caractéristiques générales :

La grandeur physique objet de la mesure : déplacement, température, pression, etc... est désignée comme le mesurande et représentée par m ; l'ensemble des opérations expérimentales qui concourent à la connaissance de la valeur numérique du mesurande constitue son mesurage. Lorsque le mesurage utilise des moyens électroniques de traitement du signal, il est nécessaire de produire à partir du mesurande une grandeur électrique qui en soit une représentation aussi exacte que possible : ceci signifie que la grandeur électrique et ses variations apportent toute l'information nécessaire à la connaissance du mesurande. Le capteur est le dispositif qui soumis à l'action d'un mesurande non électrique présente une caractéristique de nature électrique (charge, tension, courant ou impédance) désignée par s et qui est fonction du mesurande $S = F(m)$

S est la grandeur de sortie ou réponse du capteur, m est la grandeur d'entrée ou excitations. La mesure des doigts permettre de connaître la valeur de La relation $S = F(m)$ résulte dans sa forme théorique des lois physiques qui régissent.

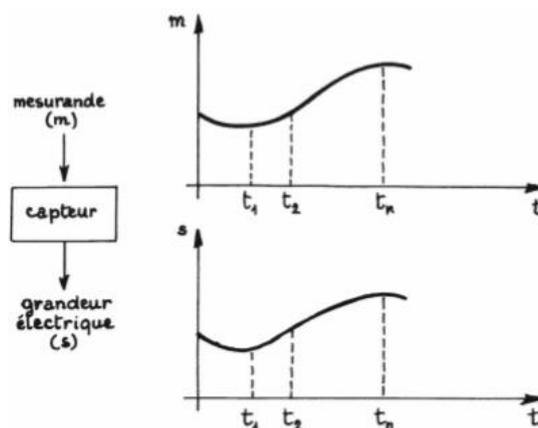


Fig.09 Evolution d'un mesurande m et les réponses s correspondantes du capteur.

II.1.1.2 Capteurs actifs :

Fonctionnant en générateur, un capteur actif est généralement fondé dans son principe sur un effet physique qui assure la conversion en énergie électrique de la forme d'énergie propre au mesurande: énergie thermique, mécanique ou de rayonnement.

II.1.1.3 Capteurs passifs :

Il s'agit d'impédances dont l'un des paramètres déterminants est sensible au mesurande. Dans l'expression littérale d'une impédance sont présents des termes liés :

- d'une part à sa géométrie et à ses dimensions.
- d'autre part aux propriétés électriques des matériaux : **résistivité ρ** , **perméabilité magnétique μ** , **constante diélectrique ϵ** . La variation d'impédance peut donc être due à l'action du mesurande :
- soit sur les caractéristiques géométriques ou dimensionnelles;
- soit sur les propriétés électriques des matériaux;
- soit plus rarement sur les deux simultanément.

Les paramètres géométriques ou dimensionnels de l'impédance peuvent varier si le capteur comporte soit un élément mobile, soit un élément déformable.

Dans le premier cas, à chaque position de l'élément mobile correspond une valeur de l'impédance et la mesure de celle-ci permet de connaître la position.

C'est le principe d'un grand nombre de capteurs de position ou de déplacement: potentiomètre, inductance à noyau mobile, condensateur à armature mobile.

II.1.1.4 Capteurs composites :

Pour des raisons de coût ou de facilité d'exploitation, on peut être amené à utiliser un capteur, non pas sensible au mesurande mais à l'un de ses effets. Le corps d'épreuve est le dispositif qui, soumis au mesurande étudié en assure une première traduction en une autre grandeur physique non-électrique, le mesurande secondaire, qu'un capteur adéquat traduit alors en grandeur électrique.

L'ensemble formé par le corps d'épreuve et un capteur actif ou passif constitue un capteur composite.

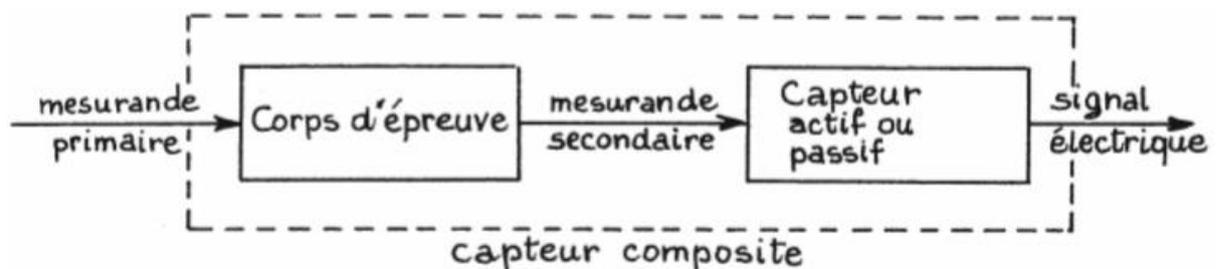


Fig.10 Structure d'un capteur composite

II.1.1.5 Grandeurs d'influence :

Le capteur, de par ses conditions d'emploi, peut se trouver soumis non seulement au mesurande mais à d'autres grandeurs physiques dont les variations sont susceptibles d'entraîner un changement de la grandeur électrique de sortie qu'il n'est pas possible de distinguer de l'action du mesurande. Ces grandeurs physiques «parasites» auxquelles la réponse du capteur peut être sensible sont les grandeurs d'influence.

II.1.1.6 La chaîne de mesure :

La chaîne de mesure est constituée de l'ensemble des dispositifs, y compris le capteur, rendant possible, dans les meilleures conditions, la détermination précise de la valeur du mesurande. À l'entrée de la chaîne, le capteur soumis à l'action du mesurande permet, directement s'il est actif ou par le moyen de son conditionneur s'il est passif, d'injecter dans la chaîne le signal électrique, support de l'information liée au mesurande. À la sortie de la chaîne, le signal électrique qu'elle a traité est converti sous une forme qui rend possible la lecture directe de la valeur cherchée du mesurande :

- déviation de l'aiguille d'un instrument analogique;
- affichage sur un écran;
- enregistrement sous forme de courbe.

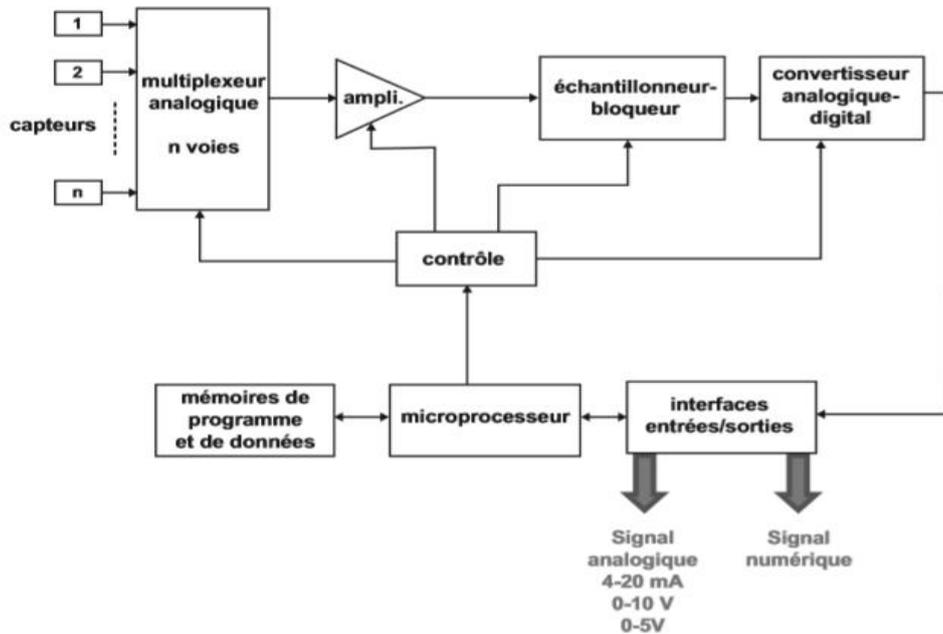


Fig.11 Constitution de chaînes de mesure : chaîne contrôlée par microprocesseur.

II.1.1.7 Capteurs intégrés :

Un capteur intégré est un composant réalisé par les techniques de la Microélectronique et qui regroupe sur un substrat de silicium commun le capteur proprement dit, le corps d'épreuve éventuel, des circuits électroniques de conditionnement du signal. Fig.12

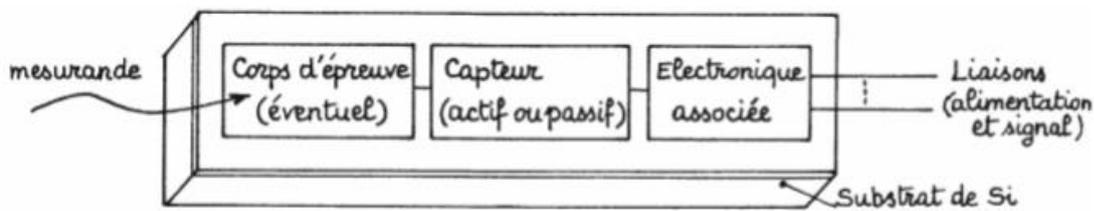


Fig.12 structure générale d'un capteur intégré

II.1.1.8 Capteurs intelligents :

Le terme de capteur intelligent ; on parle quelquefois de capteur smart – désigne un instrument en technologie numérique. L'appareil est doté :

- d'une cellule de mesure permettant d'acquérir le mesurande;
- d'un ou de plusieurs capteurs permettant de mesurer les grandeurs d'influence.

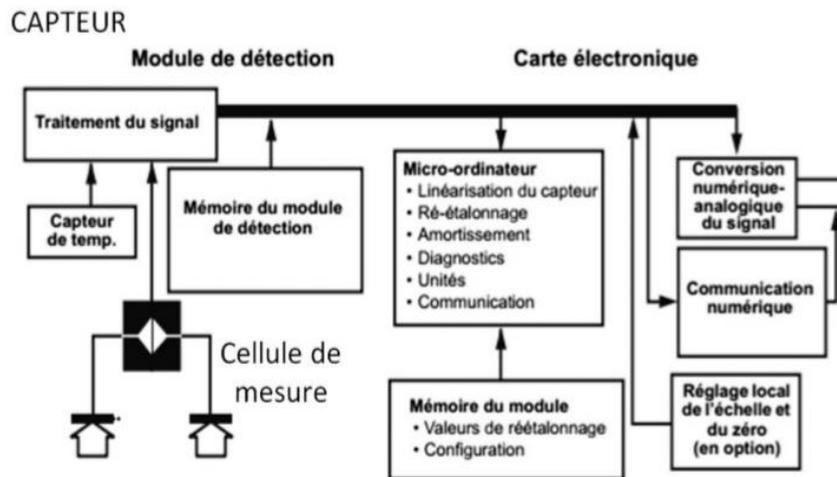


Fig.13 Schéma de principe d'un capteur intelligent Rosemont modèle 2051.

II.1.1.9 Les signaux des capteurs d'instrumentation industrielle :

Le raccordement des capteurs industriels s'effectue selon deux schémas :

- ✓ liaison point à point.
- ✓ liaison en bus de terrain.
- ✓ Dans le premier cas, le signal délivré par l'instrument est analogique de type :
 - ❖ 4-20 mA (standard industriel)

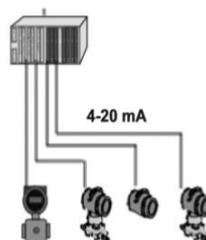


Fig.14 Principe de raccordement de capteurs industriels sur un automate programmable ou un contrôleur d'un système numérique de contrôle-commande

- ✓ éventuellement :
- 0-20 mA;
- 0-10 V;
- 0-5 V.

Le signal 4-20 mA est, encore aujourd'hui, une solution très utilisée dans les applications industrielles de mesure et de régulation. Selon les cas, il sert de vecteur au transport d'une grandeur physique ou pour commander un organe de réglage.

Ce signal présente une très bonne immunité aux parasites. Il peut être transporté sur des distances importantes et simplifie le raccordement des capteurs: un simple câble bi conducteur permet d'acheminer la tension d'alimentation et le signal de mesure.

Le 4-20 mA permet la détection des dysfonctionnements : si le signal est en dehors de cette plage ;

- ✓ inférieur à 4 mA ou supérieur à 20 mA
- ✓ il y a anomalie. La portion entre 0 et 4 mA sert au passage de l'énergie d'alimentation.

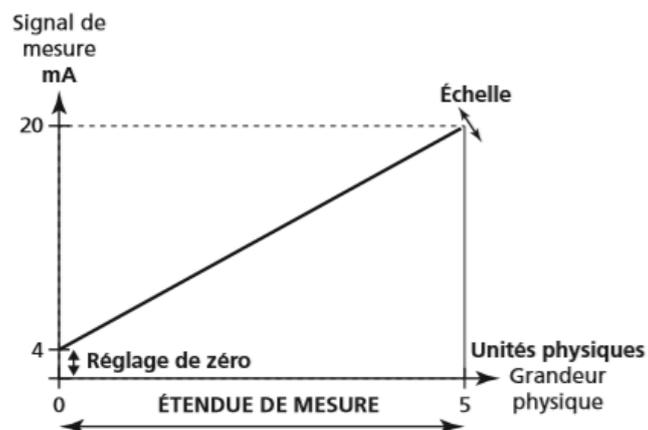


Fig.15 Correspondance entre le signal normalisé 4-20 mA et l'étendue de mesure d'un capteur

La valeur 4 mA correspond au minimum de l'étendue d'échelle; la valeur 20 mA correspond au maximum de l'étendue d'échelle. Deux réglages permettent d'ajuster le signal 4-20 mA à une étendue d'échelle : le réglage de zéro et le réglage d'échelle.

II.2 Les variateurs :

II.2.1 Le variateur de vitesse :

Un variateur électronique de vitesse est un dispositif destiné à régler la vitesse et le couple d'un moteur électrique à courant alternatif en faisant varier la fréquence respectivement le courant, délivrées à la sortie de celui-ci.

Leurs applications vont des plus petits aux plus grands moteurs, comme ceux utilisés par les perceuses. Alors qu'environ un quart de la consommation d'électricité mondiale provient des moteurs électriques utilisés par l'industrie, les variateurs de vitesse ne restent que peu répandus, alors qu'ils permettent d'importantes réductions de consommation d'énergie.

Les progrès de l'électronique de puissance ont permis de réduire le coût et la taille des variateurs de vitesse ces quatre dernières décennies. Ils ont concerné à la fois les interrupteurs semi-conducteurs utilisés, la topologie, les méthodes utilisées en contrôle commande et en simulation, ainsi que le matériel et les logiciels employés pour la commande.

Les variateurs de vitesse peuvent être soit basse tension, soit moyenne tension. Certains fonctionnent en onduleurs, d'autres en redresseur/onduleur.



Fig.16 variateur électronique de vitesse

II.2.2 Principe de base des variateurs de vitesse :

Depuis la venue de la technologie des semi-conducteurs, la variation de vitesse électronique des moteurs électriques a pris le dessus sur les anciens systèmes tels que les groupes Ward-Léonard.

Cette technologie, devenue fiable, part toujours du même principe : à partir d'une source, la plupart du temps triphasée alternative pour les ascenseurs, le variateur de vitesse va recréer en sortie :

Une tension triphasée variable en fréquence et en amplitude pour les moteurs à courant alternatif.

Une tension continue variable en amplitude pour les moteurs à courant continu.

II.2.3 Le variateur de vitesse est composé essentiellement :

- ❖ d'un redresseur qui, connecté à une alimentation triphasée (le réseau), génère une tension continue à ondulation résiduelle (le signal n'est pas parfaitement continu). Le redresseur peut être de type commandé ou pas,
- ❖ d'un circuit intermédiaire agissant principalement sur le "lissage" de la tension de sortie du redresseur (améliore la composante continue). Le circuit intermédiaire peut aussi servir de dissipateur d'énergie lorsque le moteur devient générateur,
- ❖ d'un onduleur qui engendre le signal de puissance à tension et/ou fréquence variables,
- ❖ d'une électronique de commande pilotant (transmission et réception des signaux) le redresseur, le circuit intermédiaire et l'onduleur.

Le variateur de vitesse est principalement caractérisé selon la séquence de commutation qui commande la tension d'alimentation du moteur. On a :

- les variateurs à source de courant (CSI),
- les variateurs à modulation d'impulsions en amplitude (PAM),
- les variateurs à modulation de largeur d'impulsion (PWM/VVC)

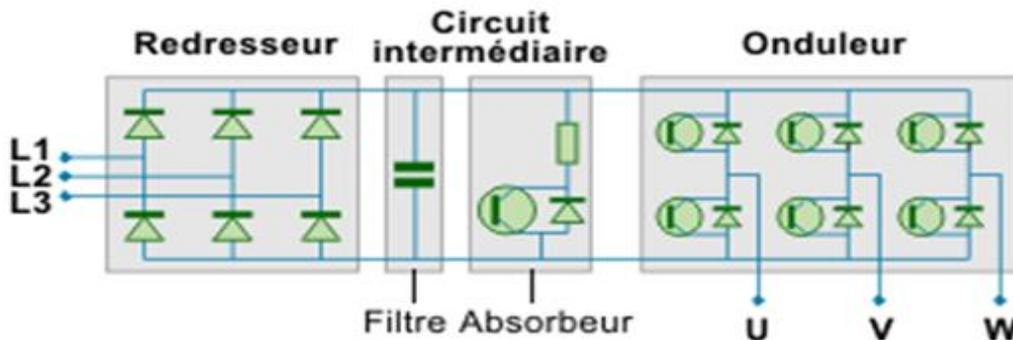


Fig.17 les composants d'un variateur

II.2.4 Fonction des variateurs de vitesse :

Au niveau des ascenseurs, parmi la multitude de possibilités de fonctions qu'offrent les variateurs de vitesse actuels, on épinglera :

L'accélération contrôlée, la décélération contrôlée, la variation et la régulation de vitesse,

L'inversion du sens de marche, le freinage d'arrêt.

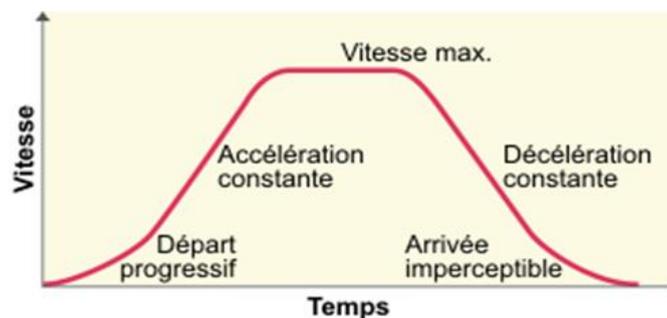


Fig.18 Fonction du variateur de vitesse

III.2.4.1 L'accélération contrôlée :

Le profil de la courbe de démarrage d'un moteur d'ascenseur est avant tout lié au confort des utilisateurs dans la cabine. Il peut être soit linéaire ou en forme de "s". Ce profil ou "rampe" est la plupart du temps ajustable en permettant de choisir le temps de mise en vitesse de l'ascenseur.

II.2.4.2 La décélération contrôlée :

Les variateurs de vitesse permettent une décélération contrôlée sur le même principe que l'accélération. Dans le cas des ascenseurs, cette fonction est capitale dans sens où l'on ne peut pas se permettre de simplement mettre le moteur hors tension et d'attendre son arrêt complet suivant l'importance du couple résistant (le poids du système cabine/contre poids varie en permanence); Il faut impérativement contrôler le confort et la sécurité des utilisateurs par le respect d'une décélération supportable, d'une mise à niveau correcte, ...

On distingue, au niveau du variateur de vitesse deux types de freinage.

En cas de décélération désirée plus importante que la décélération naturelle, le freinage peut être électrique soit par renvoi d'énergie au réseau d'alimentation, soit par dissipation de l'énergie dans un système de freinage statique.

En cas de décélération désirée moins importante que la décélération naturelle, le moteur peut développer un couple moteur supérieur au couple résistant de l'ascenseur et continuer à entraîner la cabine jusqu'à l'arrêt.

II.2.5 La variation et la régulation de vitesse :

Parmi les fonctionnements classiques des variateurs de vitesse, on distingue :

La variation de vitesse proprement dite où la vitesse du moteur est définie par une consigne d'entrée (tension ou courant) sans tenir compte de la valeur réelle de la vitesse du moteur qui peut varier en fonction de la charge, de la tension d'alimentation, ... On est en boucle "ouverte" (pas de feedback).

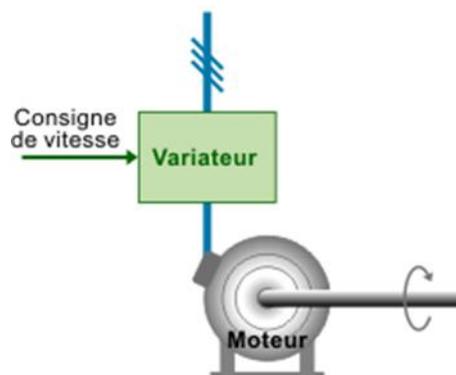


Fig.19 Boucle ouverte

La régulation de vitesse où la consigne de la vitesse du moteur est corrigée en fonction d'une mesure réelle de la vitesse à l'arbre du moteur introduite dans un comparateur. La consigne et la valeur réelle de la vitesse sont comparées, la différence éventuelle étant corrigée. On est en boucle "fermée".

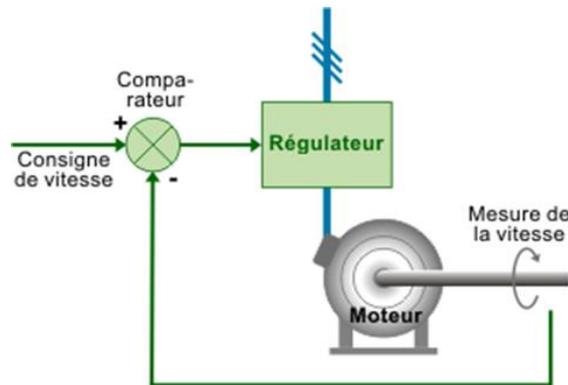


Fig.20 Boucle Fermé

II.2.6. L'inversion du sens de marche :

Sur la plupart des variateurs de vitesse, il est possible d'inverser automatiquement le sens de marche. L'inversion de l'ordre des phases d'alimentation du moteur de l'ascenseur s'effectue :

- Soit par inversion de la consigne d'entrée,
- Soit par un ordre logique sur une borne,
- Soit par une information transmise par une connexion à un réseau de gestion

II.2.7 Le freinage d'arrêt :

C'est un freinage de sécurité pour les ascenseurs :

Avec des moteurs asynchrones, le variateur de vitesse est capable d'injecter du courant continu au niveau des enroulements statoriques et par conséquent stopper net le champ tournant; la dissipation de l'énergie mécanique s'effectuant au niveau du rotor du moteur (danger d'échauffement important).

Avec des moteurs à courant continu, le freinage s'effectue au moyen d'une résistance connectée sur l'induit de la machine.

Chapitre III

Rapport du stage

III.1 HISTORIQUE :

III.1.1- Situation géographique du complexe :

Le complexe ARCELOR-METAL d'El-Hadjar est situé à l'Est du pays dans la zone industrielle d'Annaba. Il est implanté à 15 km au sud de la ville et occupe une superficie de 800 ha. La superficie se répartie approximativement en trois zones :

- Les ateliers de la production « 300 ha
- Les zones de stockage « 300 ha
- Les surfaces du service « 200 ha

Il dispose d'une infrastructure ferroviaire d'une longueur de 60 km permettant la libre circulation des matières premières et près de 100 km de route permettant la circulation des engins (autobus, camion, véhicule...).

III.1.2- Historique du complexe sidérurgique d'El-Hadjar :

L'entreprise nationale d'ARCELOR-METAL a été créée par la société bônoise sidérurgie (SBS) en 1959 suites à la mise en application du plan de Constantine (1950)

Après l'indépendance, la sidérurgie a été un secteur investissement privilégié par l'Algérie. L'Algérie fixait dans ces premières priorités la transformation de son propre minerai et la mise en place de la base de l'industrie. Ainsi la société nationale de sidérurgie (SNS) a été créée en 1964 et a hérité du potentiel existant nationalisé.

La SNS a pris sa véritable dimension en 1969 avec la mise en activité du premier haut fourneau du complexe sidérurgique d'El-Hadjar.

La restructuration de la SNS dans les années 1980 à donner lieu à la création de sept (7) opérateurs publics dans la branche sidérurgie-métallurgie dont l'entreprise SIDER (sidérurgie de base et de distribution des produits ARCELOR-METAL).

Depuis sa création en 1969, le complexe intégré d'El-Hadjar a vu son domaine d'activités se développer aux fils des années, afin de répondre à la demande sans cesse croissante en produits sidérurgiques pour la réalisation de plusieurs plans de développement (unités pétrolières...ets).

Vers l'année 1976, ce complexe comprenait à son actif les secteurs suivants :

- Un secteur d'agglomération (PMA1).
- Un secteur haut fourneau (HF1).
- Une aciérie à oxygène (ACO1).
- Un laminoir à froid (LAF).
- Un laminoir à chaud (LAC).
- Un laminoir à fil et rond (LFR).
- Une tube rie spiral (TUS).
- Un poste de distribution électrique (PDE).
- Une gestion stock magasin (GSM).
- Des ateliers centraux (ATC).

Pour la deuxième phase de 1977 à 1980 c'est l'extension du complexe, pour augmenter les capacités de production avec cette extension la création d'autre secteur :

- Une aciérie à oxygène 2 (ACO2).
- Un haut fourneau 2 (HF2).
- Un secteur d'agglomération (PMA2).
- Une cokerie.
- Une centrale thermique.

L'année 1980 marque dans l'histoire du complexe, l'année des grandes réalisations. L'effectif de cette société est plus de 17 000 employés, qui sont répartis sur différentes sous directions.

La sous-direction produit plats (PPL), a un effectif égal à 4400 soit un taux de 25.88% qui est répartie aux différents postes.

- 120 personnes occupant les postes d'encadrement (cadre).
- 4280 postes de maîtrise et d'exécution répartis dans les différents ateliers.

On distingue des sous-directions opérationnelles centrales.

- ❖ S/D opérationnelle de production :
 - S/D matière première et fonte (MPF).
 - S/D produits plats (PPL).
 - S/D produits longs (PLG).
 - S/D tube rie sans soudure (TSS).
 - S/D opérationnelle prestation des services :
 - S/D service technique (STG).
 - S/D moyens généraux (MGX).
 - S/D fonctionnement centrale :
 - S/D relations professionnelles du personnel (PRO/PER).
 - S/D planification et organisation (PLO).
 - S/D méthodes métallurgiques (MTM).
 - S/D financier (FIN).

Après la compression du personnel en octobre 1997 ou plus de 10 000 travailleurs ont quitté l'entreprise SIDER son effectif aujourd'hui se trouve réduit. L'entreprise a connu en 1998 une nouvelle mutation suppression des sous-directions et création des filiales aux nombres de vingt-quatre (24), cette application prend effet à partir de janvier 1999.

III.1.3- L'organigramme du complexe :

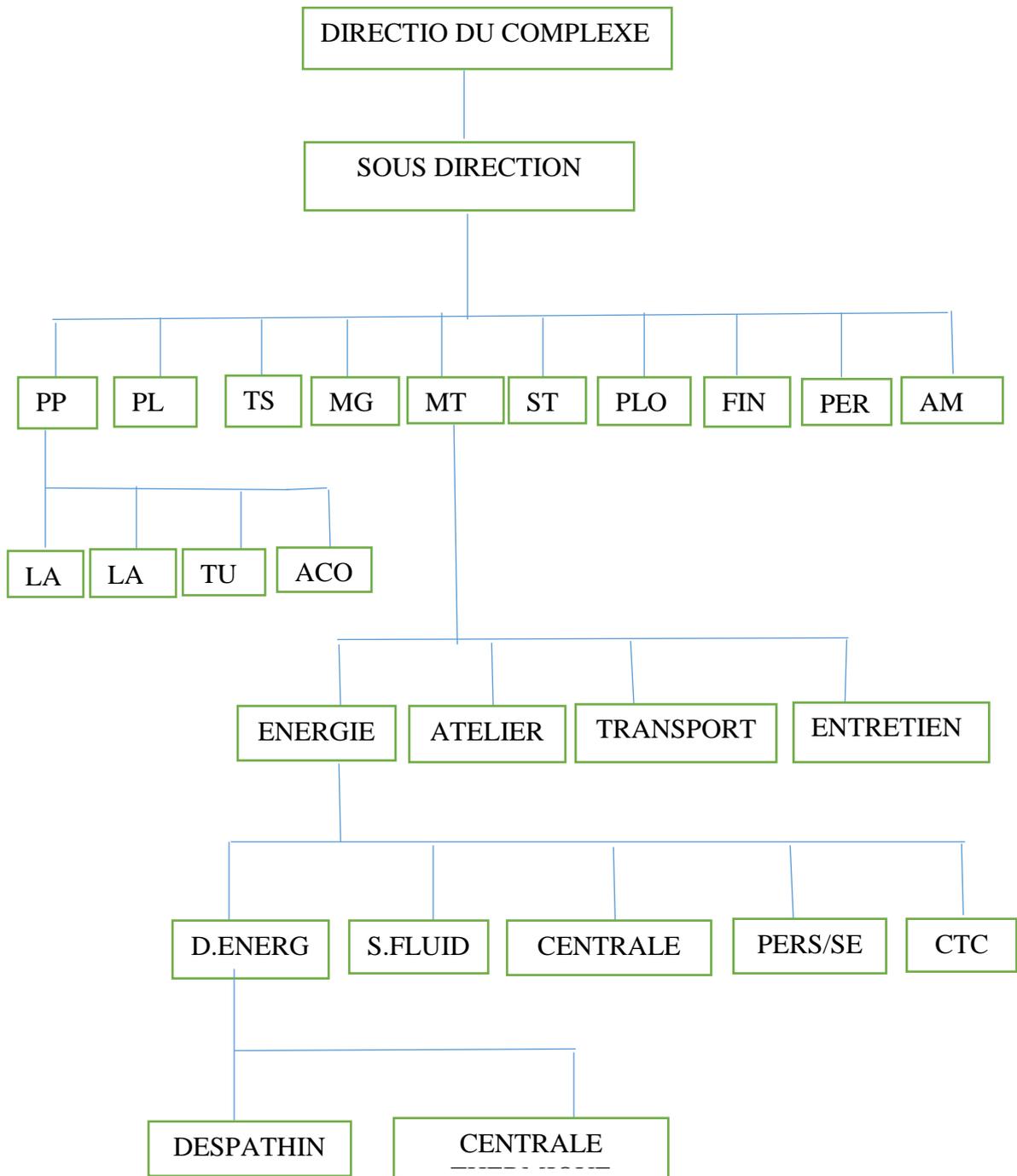


Fig.21: l'organigramme du complexe Arcelor Métal.

III.2. Description de l'unité de maintenance et régulation électronique MRE :

Est l'unité de maintenance et régulation électronique au niveau du complexe ARCELOR-METAL Annaba. L'unité avec son équipe hautement qualifiée et dynamique, intervient pour résoudre les éventuels problèmes électroniques et la maintenance des différents équipements électroniques.

III.2. 1 Organigramme hiérarchique :

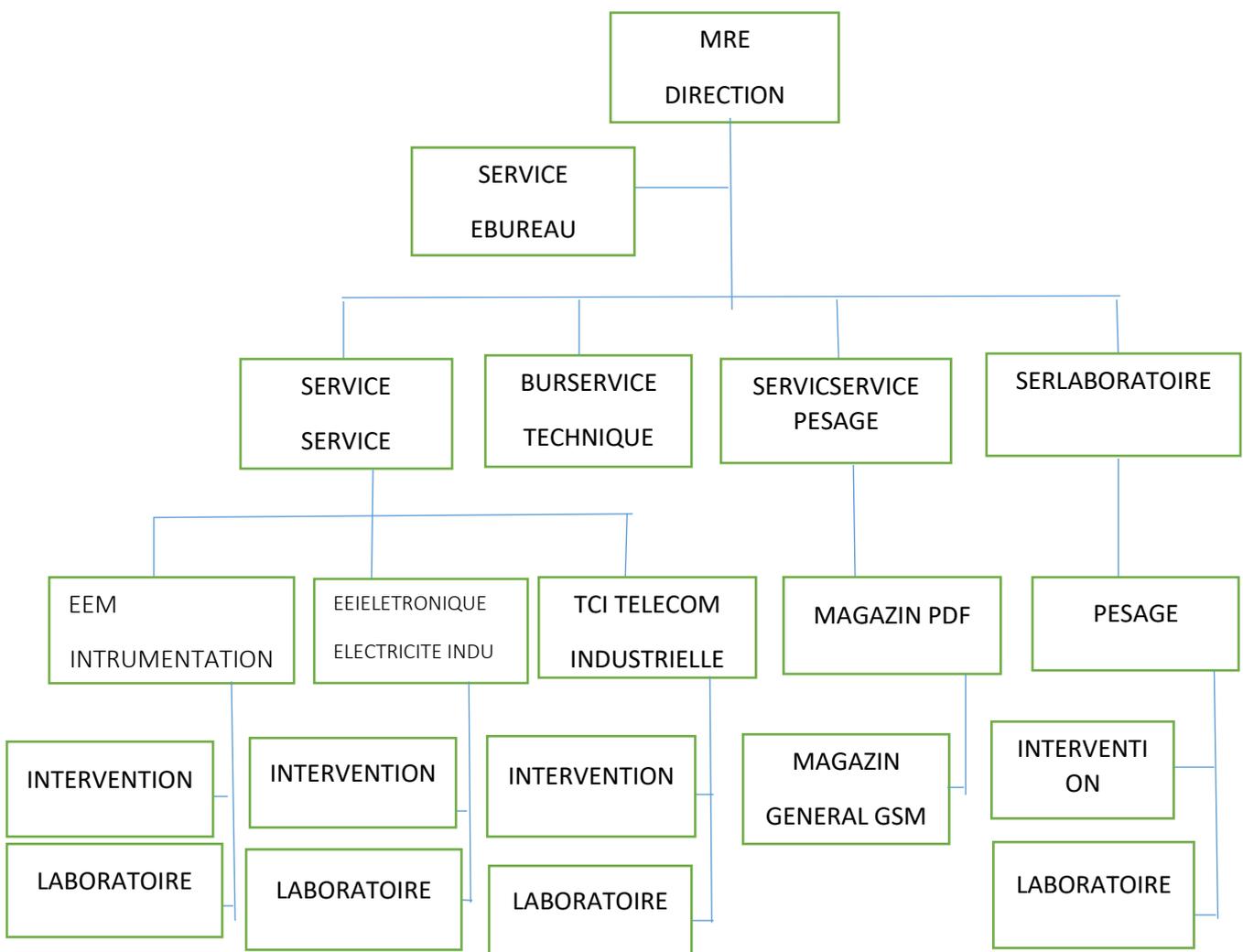


Fig.22 Organigramme hiérarchique de (MRE)

Objet global :

- Avoir les notions sur la régulation industrielle
- Connaitre les équipements industriels.
- La commande d'un moteur asynchrone par un variateur (encodeur)
- Comment sélectionner un variateur

III.3. Théorie de la régulation industrielle :

III.3.1- Introduction :

La majorité des processus industrielle nécessitent de contrôler un certain nombre de paramètres: température, pression, niveau, débit, ph, concentration d'oxygène, etc...

Il appartient à la chaine de régulation de maintenir à des niveaux prédéterminés les paramètres qui régissent le fonctionnement du processus.

III.3.2- Définition :

La régulation des procédés industriels regroupe l'ensemble des moyens matériels et techniques mis en œuvre pour maintenir une grandeur physique à régler (grandeur réglée).

Lorsque des perturbations ou des changements de consignes se produisent, la régulation provoque une action correctrice sur une grandeur physique du procédé.

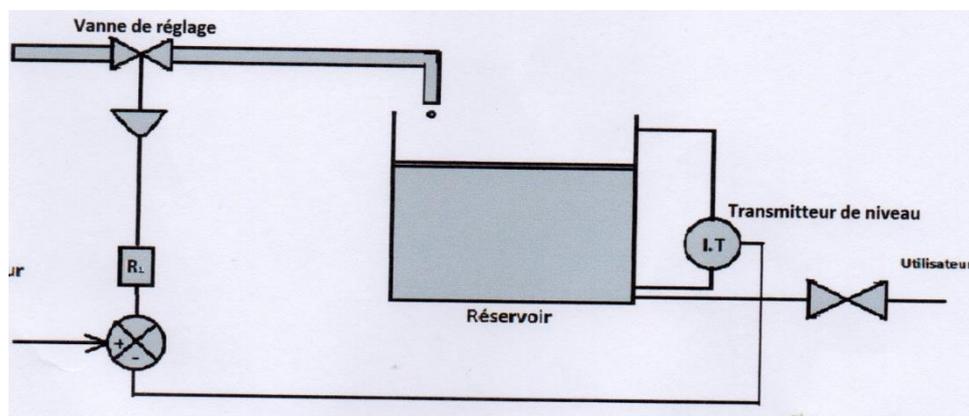


Fig. 23 Exemple de régulation niveau d'un réservoir

III.3.3- Principe de fonctionnement de la boucle de régulation :

III.3.4- Phase-mesure :

L'opérateur lit la grandeur réglée (niveau) sur le niveau à vue de la manière la plus précise possible. Une mesure approximative se répercuterait sur le reste de la chaîne de régulation

III.3.5- Phase-comparaison :

L'opérateur compare la valeur réglée avec sa valeur de consigne. Si les deux valeurs sont égales, il n'agit pas !!!

Si, au contraire, les deux valeurs différentes, l'opérateur devra agir en fonction de l'importance de l'écart mesure/consigne.

III.3.6- Phase-calcul :

L'opérateur doit réfléchir et définir de quelle manière il va agir sur le débit d'alimentation (ouvrir ou fermer la vanne, agir rapidement ou lentement, etc...)

III.3.7- Phase-action :

Une fois la phase calcul effectuée, il ne reste plus qu'à agir sur le procédé.

L'opérateur, par l'intermédiaire de son cerveau, commande son bras qui va actionner la vanne. L'opérateur peut vérifier l'effet de son action grâce au niveau à vue, et ainsi ramener la grandeur réglée à la consigne. On a ainsi une boucle.

III.4- Schéma fonctionnel d'un système :

On représente l'exemple suivant par le schéma suivant :

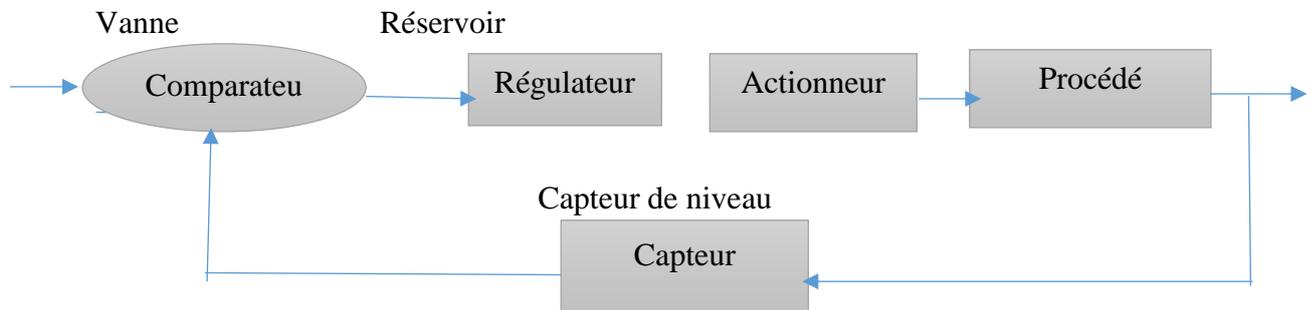


Fig. 24 Schéma d'une boucle de régulation d'un niveau de réservoir

III.5 –Composition d'une boucle de régulation :

Dans le paragraphe suivant vont être expliqués un par un les termes spécifiques aux techniques de régulation tel que « valeur de consigne », « valeur de sortie ».....

Ceux- ci sont illustrés dans le schéma suivant :

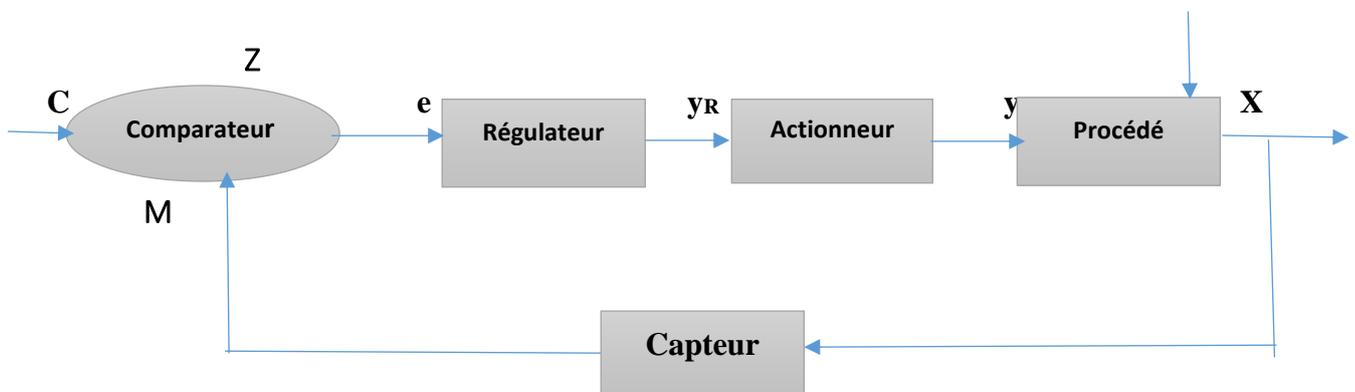


Fig.25 Termes spécifiques de boucle de régulation

III.5.1- La sortie X :

Elle est le résultat de la régulation, la variable que le système va influencer **et/ou** essayer de garder constante. Dans l'exemple d'un chauffage, ce serait la température ambiante. Cette variable est la valeur réelle de la grandeur mesurée.

III.5.2- Le retour M :

Dans une boucle de régulation, la sortie est constamment contrôlée, il est ainsi possible de réagir à toute variation indésirable de celle-ci. La valeur mesurée (proportionnelle à la sortie) est appelée retour (ou mesure). Dans l'exemple d'un chauffage, cette valeur correspondrait à la tension de mesure d'un thermomètre.

III.5.3- La consigne C :

La consigne est la grandeur qui doit commander la sortie, c'est-à-dire la valeur vers laquelle celle-ci doit tendre, pour finalement l'égaliser. Si la consigne est constante, la sortie doit le rester (comportement statique). Au contraire si celle-ci change, le but de la régulation dynamique est alors de reproduire les changements de consigne le plus fidèlement possible au niveau de la sortie.

Attention : la consigne n'a pas la même dimension que la sortie, elle doit être en accord avec la dimension de la mesure. Dans notre exemple, la consigne doit correspondre à la tension que délivrerait le thermomètre à la température souhaitée et non la température elle-même. La sortie est une température (Degré), la consigne est une tension (Volt).

III.5.4- La perturbation Z :

La perturbation est la grandeur qui influe de manière indésirable sur la sortie et qui l'éloigne de la valeur souhaitée (consigne). La seule existence d'une perturbation rend nécessaire la mise en œuvre d'une régulation statique. Dans notre cas de chauffage, la perturbation serait dépendante de la température extérieure, de l'isolation de la pièce et de tout autre élément poussant la température à s'écarter de la température souhaitée.

III.6- Les zones fondamentales de la chaine de régulation :

Toute chaine de régulation comprend trois maillons indispensables :

L'organe de mesure, l'organe de régulation et l'organe de contrôle. Il donc commencer par mesure les principaux grandeurs servant à contrôler le processus.

- L'organe de mesure : (capteur) récupère ces mesures et les compare aux valeurs souhaitées, plus communément appelées valeurs de consigne. En cas de non concordance ces valeurs de mesure et des valeurs de consigne.
- L'organe de régulation : (automates programmables industriels AIP), carte de régulation sur PC régulateurs monoblocs analogiques et numériques envoie un signal de commande à l'organe de contrôle.
- L'organe de contrôle : (vanne automatique, pompe doseuse, unité a thyristors) Afin que celui-ci agisse sur le processus. Les paramètres qui régissent le processus sont ainsi stabilisés en permanence à des niveaux souhait.

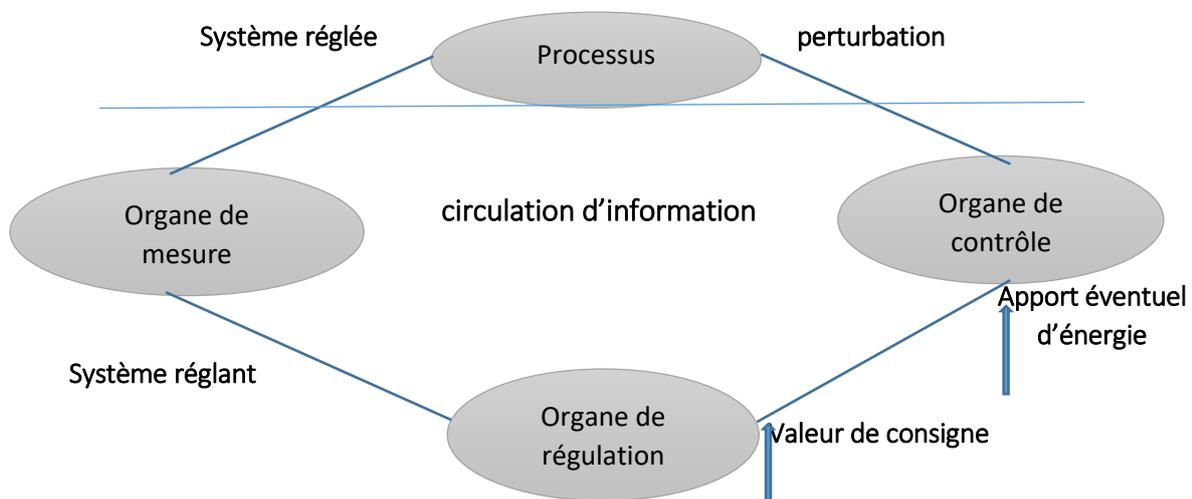


Fig. 26 Chaîne de traitement des informations

III.7- Eléments d'une chaîne de régulation :

III.7.1- Le capteur :

Elément d'une boucle de régulation chargée de prendre la mesure. Il existe des capteurs de différents types qui permettent de mesurer de nombreuses variables et de nombreux phénomènes différents.

Exemple : Thermocouples ou PT100 pour la température.

III.7.2- Le transformateur :

C'est l'organe de transformation, d'adaptation et de transmission (électrique, pneumatique ou éventuellement hydraulique) du signal du capteur vers le maillon suivant de la chaîne.

III.7.3- Le comparateur :

C'est le droit où la mesure actuelle de la sortie et la valeur de la consigne sont comparées. Dans la plupart des cas les deux grandeurs sont des tensions. La différence des deux grandeurs ainsi obtenue est appelée erreur e . La valeur de l'erreur passe en entrée dans le régulateur pour y être traitée.

III.7.4- Le régulateur :

Le régulateur est un l'élément central d'une régulation. Il évalue l'erreur calculée par le comparateur ; c'est-à-dire l'écart entre la sortie et la consigne, et en déduit à partir de celle-ci une valeur réglée ou valeur de correction à transmettre au procédé, afin de corriger la sortie.

La sortie du régulateur serait dans le cas de notre chauffage la tension à appliquer au moteur de ventilation. La façon (l'algorithme) dont le régulateur calcule la valeur réglée à partir de l'erreur et la principale activité de la régulation.

III.7.5- L'actionneur :

L'actionneur est en quelque sorte «l'organe exécutif» de la régulation. Il reçoit la variable réglée du régulateur. Cette variable d'entrée lui permet de savoir comment il doit influencer sur la sortie de la régulation. Dans notre exemple, l'actionneur serait le moteur de la ventilation. En fonction de la valeur réglée obtenue (tension d'entrée), la position du ventilateur est modifiée (donc indirectement la température).

III.7.6- Le procédé :

Le procédé est le cœur du système réglée ou encore la partie original. C'est également la partie qui agit directement sur la valeur de sortir. Dans notre cas, ce serait l'ensemble ventilateur plus chauffage.

III.8 Expérience «commande d'un moteur asynchrone par un encodeur» :

Au niveau de l'atelier instrumentation on a réalisé l'expérience de la commande d'un moteur asynchrone par un encodeur de la marque **elcis**. Cet encodeur est un capteur lié directement avec l'arbre du moteur comme suit :



Fig. 27 Commande d'un moteur asynchrone par encodeur

III.9. La fiche technique d'encodeur HENGSTLER :

- **HENGSTLER** : RI58TD/1000 ED, 37 KF
- **Alimentation** : 24 V DC
 - Blanc ———> GND
 - Marron ———> 24 V DC
 - Brown ———> Channel A
 - Grey ———> Channel B
 - Red ———> Channel N
 - Violet ———> Alarme
 - Brown/green Red ———> 24 V DC
 - White/ green black ———> 6 V DC

On a un moteur asynchrone de la plaque signalétique suivante :



Fig. 28 La plaque signalétique d'un moteur asynchrone

L'objectif de cette expérience est d'avoir la vitesse de rotation du moteur.

III.10 Description :

Les équipements industriels rassemblent l'ensemble des machines et outils nécessaires au processus de production dans l'atelier. Essentielles pour nombre d'industries, ces équipements font l'objet d'innovation toujours plus poussées pour assurer performance et compétitivité aux entreprises qui les utilisent.

L'équipement industriel dans le service MRE se compose de deux parties :

- **L'instrumentation** : étalonnage des instruments
- **Electronique** : réparation des équipements électroniques.

Au niveau du service MRE on a vu des différents instruments :

- **Les manographes** : instrumentation hydraulique
- **Instrumentation de transmission**
- **Centrifugeuse** : fondamentalement il commande la rotation de la vitesse d'un moteur par un certain temps.

Dans l'alimentation on définit les entrées et les sorties de chaque module ou carte de chaque équipement électronique ; et il faut aussi sélectionner un variateur par des conditions, il est facile de sélectionner le bon variateur.

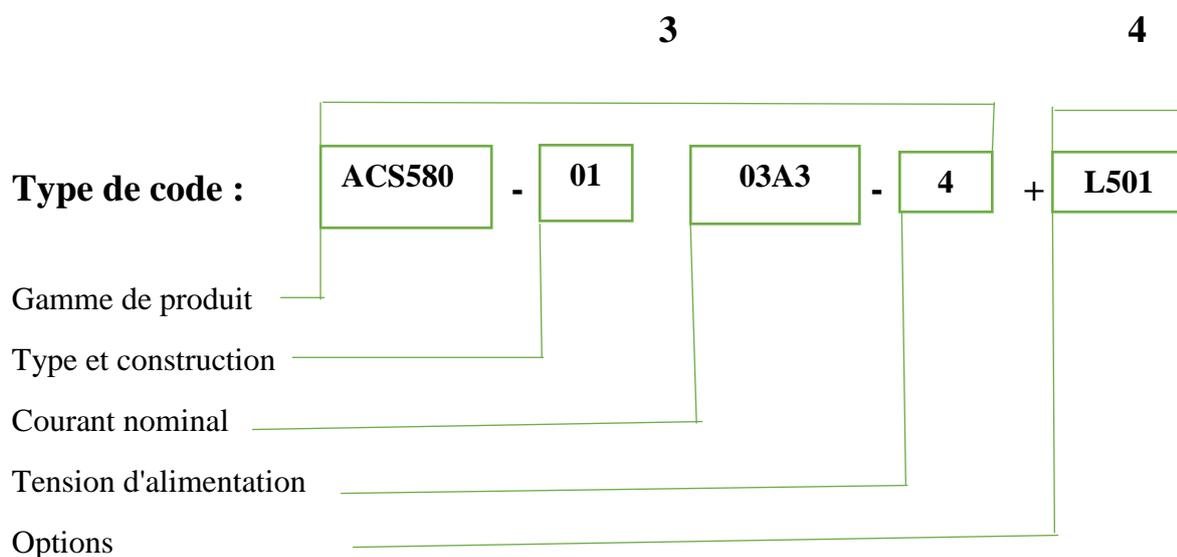
Il suffit d'établir votre code de commande via à un code de type :

1. **Commencez par identifier la tension d'alimentation:** Cette information indique le tableau de valeurs nominales devant être utilisé.
2. **Choisissez la puissance et le courant du moteur :** parmi les tableaux de valeurs nominales.
3. **Sélectionner le type de variateur :** en fonction de la puissance nominale du moteur : parmi les tableaux de valeurs nominales
4. **Choisissez les options puis ajoutez les codes d'option au type de variateur.**
N'oubliez pas d'utiliser le signe « + » avant chaque code d'option.

Tableau des nominales, types et tension :

| triphasé, $U_N = 440, 400, 415V$ | | | | | | | | |
|----------------------------------|------------|---------------------------|-------------------------------|---------------|-----------------------|----------------|------------------|--------|
| Valeurs nominales | | Courant de sortie maximal | Utilisateur faible sur charge | | Utilisateur intensive | | Type variateur | Taille |
| P_N KW | I_N A | I_{MAX} A | P_{FS} KW | I_{FS} A | P_{INT} KW | I_{INT} A | | |
| 0.75 | 2.5 | 3.2 | 0.75 | 2.5 | 0.55 | 1.8 | ACS580-01-02A6-4 | R0 |
| 1.1 | 3.3 | 4.7 | 1.1 | 3.1 | 0.75 | 2.6 | ACS580-01-03A3-4 | R0 |
| 1.5 | 4 | 5.9 | 1.5 | 3.8 | 1.1 | 3.3 | ACS580-01-04A0-4 | R0 |
| 2.2 | 5.6 | 7.2 | 2.2 | 5.3 | 1.5 | 4 | ACS580-01-05A6-4 | R0 |
| 3 | 7.2 | 10.1 | 3 | 6.8 | 2.2 | 5.6 | ACS580-01-07A2-4 | R1 |
| 4 | 9.4 | 13 | 4 | 8.9 | 3 | 7.2 | ACS580-01-09A4-4 | R1 |
| 5.5 | 12.6 | 14.1 | 5.5 | 12 | 4 | 9.4 | ACS580-01-12A6-4 | R1 |
| 7.5 | 17 | 22.7 | 7.5 | 16.2 | 5.5 | 12.6 | ACS580-01-017A-4 | R2 |
| 11 | 25 | 30.6 | 11 | 23.8 | 7.5 | 17 | ACS580-01-025A-4 | R2 |
| 15 | 32 | 44.3 | 1 | 30.4 | 11 | 24.6 | ACS580-01-032A-4 | R3 |
| 18.5 | 38 | 56.9 | 18.5 | 36.1 | 15 | 31.6 | ACS580-01-038A-4 | R3 |
| 22 | 45 | 67.9 | 22 | 42.8 | 18.5 | 37.7 | ACS580-01-045A-4 | R3 |
| 30 | 61 | 76 | 30 | 58 | 22 | 44.6 | ACS580-01-061A-4 | R5 |
| 37 | 72 | 104 | 37 | 68.4 | 30 | 61 | ACS580-01-072A-4 | R5 |
| 45 | 87 | 122 | 45 | 82.7 | 37 | 72 | ACS580-01-087A-4 | R5 |
| 55 | 105 | 148 | 55 | 100 | 46 | 87 | ACS580-01-105A-4 | R6 |
| 75 | 145 | 178 | 75 | 138 | 55 | 105 | ACS580-01-145A-4 | R6 |
| 90 | 169 | 247 | 90 | 161 | 75 | 145 | ACS580-01-169A-4 | R7 |
| 110 | 206 | 287 | 110 | 196 | 90 | 169 | ACS580-01-206A-4 | R7 |
| 132 | 246 | 350 | 132 | 234 | 110 | 206 | ACS580-01-246A-4 | R8 |
| 160 | 293 | 418 | 160 | 278 | 132 | 246 | ACS580-01-293A-4 | R8 |
| 200 | 363 | 498 | 200 | 345 | 160 | 293 | ACS580-01-363A-4 | R9 |
| 20 | 430 | 617 | 200. | 400 | 200 | 363 | ACS580-01-430A-4 | R9 |

| Valeurs nominales | |
|------------------------------|---|
| I_N | Courant nominale disponible en permanence à 40°C (104°F) sans surcharge |
| P_N | Puissance moteur type en cas d'utilisation sans surcharge |
| Courant de sortie maximal | |
| I_{max} | Courant de sortie maximal disponible pendant 2s au démarrage ou tant que la température du variateur le permet |
| Utilisation faible surcharge | |
| I_{fs} | Courant permanent autorisant une surcharge de 110 % I_{Ld} pendant 1 minute/10 min à 40 °C (104 °F). |
| P_{fs} | Puissance moteur type en cas d'utilisation avec forte surcharge |
| Utilisation intensive | |
| I_{int} | *Courant permanent autorisant une surcharge de 150% I_{Ld} pendant 1 minute/10 min à 40 °C (104 °F). * Courant permanent autorisant une surcharge de 130 % I_{Ld} pendant 1 minute/10 min à 40 °C (104 °F). * Courant permanent autorisant une surcharge de 125% I_{Ld} pendant 1 minute/10 min à 40 °C (104 °F). |
| P_{int} | Puissance moteur type en cas d'utilisation avec forte surcharge. |



Conclusion :

Dans cette expérience, on a étudié la commande d'un moteur asynchrone triphasé par un capteur de vitesse dans laquelle sont installés le moteur et l'encodeur, Pour avoir la vitesse de rotation d'un moteur asynchrone et les caractéristiques, mais malheureusement dans l'industrie c'est difficile de prendre des résultats dans en plus la période du stage est insuffisante.

Conclusion générale :

Dans cette mémoire on a vu le moteur asynchrone triphasé, leurs caractéristiques et leurs constitutions, on a vu aussi les différents types du variateur et les capteurs.

D'une part on j'ai expliqué commande d'un moteur asynchrone et le principe de fonctionnement d'un encodeur.

Ces études étaient la mise au point d'un document descriptif concernant la régulation industrielle, on a cité théoriquement les moteurs asynchrones triphasé et les différents capteurs et les variateurs.

Enfin, nous espérons avoir laissé un outil théorique nécessaire pour tout étudiant désirant entamer un travail dans ce sens. Ce document lui servira de base pour pouvoir l'aider à concevoir des travaux pratiques ou réaliser des commandes à certains processus.