

1.1 Introduction

Chaque fois que le terme moteur électrique ou générateur électrique est utilisé, nous avons tendance à penser que la vitesse de la rotation de ces machines est totalement contrôlée uniquement par la tension et/ou la fréquence appliquées du courant de source. Mais la vitesse de rotation d'une machine électrique peut être contrôlée avec précision aussi en mettant en œuvre le concept d'entraînement électrique. Le principal avantage de ce concept est que la commande de mouvement est facilement optimisée avec l'aide du moteur/charge. En termes très simples, les systèmes qui contrôlent le mouvement des machines électriques, sont appelés entraînements électriques. Un système d'entraînement typique est assemblé avec un moteur électrique (peut être plusieurs) et un système de contrôle sophistiqué qui contrôle la rotation de l'arbre du moteur. De nos jours, ce contrôle peut être effectué facilement à l'aide d'un logiciel. Ainsi, le contrôle devient de plus en plus précis et ce concept d'entraînement offre également la facilité d'utilisation. Ce système d'entraînement est largement utilisé dans un grand nombre d'applications industrielles et domestiques comme usines, systèmes de transport, usines de textile, ventilateurs, pompes, moteurs, robots, etc.

Venons maintenant à l'histoire des entraînements électriques, cela a été conçu pour la première fois en Russie en 1838 par Mr. B.S.Iakobi, lorsqu'il a testé un moteur électrique à courant continu alimenté par une batterie d'accumulateurs et a propulsé un bateau. Même si l'adaptation industrielle s'est produite après de nombreuses années vers 1870. Aujourd'hui presque partout l'application des entraînements électriques est vue.

La classification des entraînements électriques peut être effectuée en fonction des divers composants du système d'entraînement. Maintenant, selon la conception, les entraînements peuvent être classés en trois types tels que l'entraînement à moteur unique, l'entraînement à moteur de groupe et l'entraînement à plusieurs moteurs. Les types basés sur un seul moteur sont très basique et principalement utilisés dans le travail des métaux simples, la tenue de la maison

Comme les appareils d'électroménager, etc. Les entraînements électriques de deuxième type sont utilisés dans les industries modernes en raison de diverses complexités. Les entraînements multimoteurs sont utilisés dans les industries lourdes ou lorsque plusieurs unités motrices sont nécessaires, telles que le transport ferroviaire. Ces entraînements sont de deux types :

- i. Types d'entraînements réversibles
- ii. Entraînements de types non réversibles.

Cela dépend principalement de la capacité du système d'entraînement qui peut modifier le sens du flux généré.

1.2 Définition des entraînements électriques

Un entraînement électrique est défini comme un dispositif électronique conçu pour contrôler certains paramètres du moteur (vitesse, couple ou position) afin de contrôler l'énergie électrique en puissance mécanique d'une manière contrôlable avec précision.

Un variateur électronique de vitesse c'est un équipement permettant de faire varier la vitesse et le moment d'un moteur électrique à courant alternatif ou courant continu en faisant varier la vitesse et/ou le couple.

Les systèmes d'alimentation électrique utilisés pour le contrôle du mouvement sont appelés « entraînements électriques en anglais Electrical Drives ». Il se compose d'un système électronique sophistiqué ou d'une combinaison de différents systèmes dans le but de contrôler le mouvement.

L'évolution de toutes les machines a été principalement conditionnée par l'introduction de commandes numériques. Il en résulte de nouvelles contraintes pour les entraînements électriques :

- ✓ Une plus grande souplesse d'exploitation, impliquant une dynamique plus élevée et un contrôle dans un large domaine de vitesse.
- ✓ Des exigences croissantes en matière de positionnement.
- ✓ Une plus grande fiabilité, impliquant un accroissement de la durée de vie des moteurs.

1.3 Domaines d'application

La variation de vitesse s'avère avantageuse dans toutes les applications de transport, de pompage et de compression de substances solides, liquides ou gazeuses.

Il s'agit essentiellement des utilisations suivantes :

- Pompes et ventilateurs
- Compresseurs
- Extrudeuses et malaxeurs
- Broyeurs

La Figure (1.1) montre les différents domaines d'application de l'entraînement électrique :

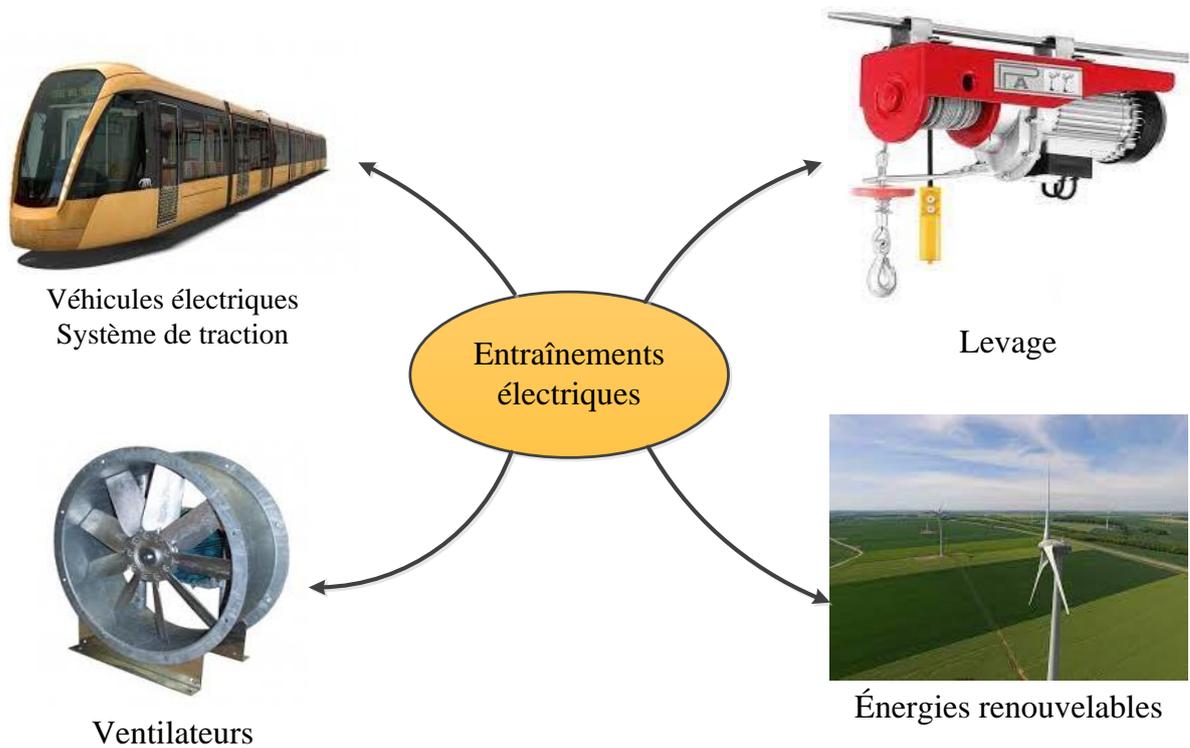


Figure (1.1) : Domaines d'application de l'entraînement électrique

1.4 Schéma fonctionnel de l'entraînement électrique

Un entraînement électrique moderne capable de faire varier la variable d'un moteur électrique est composé de certains éléments importants, comme indiqué dans le schéma fonctionnel ci-dessous. Le schéma fonctionnel très basique d'un entraînement électrique est illustré ci-dessous par la Figure (1.2). La charge sur la figure représente divers types d'équipements qui consistent en un moteur électrique, comme des ventilateurs, des pompes, des machines à laver.

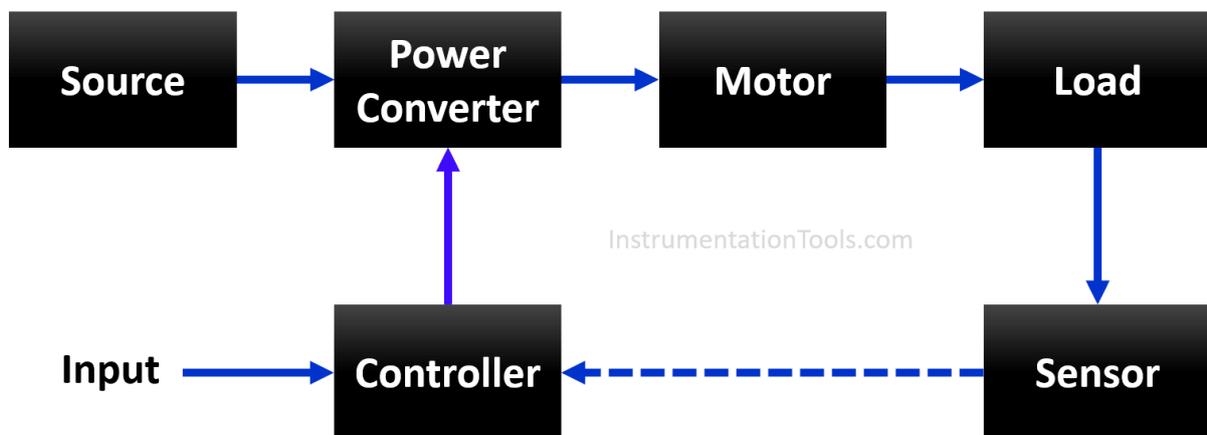


Figure (1.2) : Schéma fonctionnel d'une chaîne d'entraînement électrique

L'ensemble du moteur électrique, l'arbre de transmission d'énergie et l'équipement de contrôle par lequel les caractéristiques du moteur sont ajustées et leurs conditions de fonctionnement par rapport à la charge mécanique variée pour répondre aux exigences pratiques est appelé entraînement électrique (Système d'entraînement = Moteur et son convertisseur statique + charge).

D'après le schéma fonctionnel de l'entraînement électrique de la Figure (1.2), les éléments de la chaîne d'entraînement sont:

1. Source : besoin énergétique pour le fonctionnement du système.
2. Moteur ou actionneur électrique: machine de conversion d'énergie réelle (électrique en mécanique).
3. Modulateur de puissance ou convertisseur statique: les modulateurs ajustent (ou convertisseur) le flux de puissance de la source au mouvement selon le type et la valeur instantanée de la charge.
4. Contrôle : ajustez les caractéristiques du moteur et de la charge pour le mode optimal.
5. Charge : généralement une machine pour accomplir une tâche donnée. Par exemple, les ventilateurs, les pompes, la machine à laver, etc.
6. Capteur : qui donne l'information physique (vitesse, position) afin de boucler le système de contrôle et de générer le signal de commande.

Les convertisseurs de puissance régulent le flux de puissance de la source au moteur pour permettre au moteur de développer les caractéristiques couple-vitesse requises par la charge.

Les fonctions communes des convertisseurs de puissance sont,

- Ils contiennent et contrôlent les courants de la source et moteur dans les limites admissibles pendant les opérations transitoires telles que démarrage, freinage, inversion de vitesse, etc.
- Ils convertissent l'énergie électrique d'entrée sous la forme requise par les moteurs.
- Règle le mode de fonctionnement du moteur qui roule, les freinages sont régénératifs.

1.5 Composants de la chaîne d'entraînement électrique

1.5.1 Moteurs électriques

Le schéma qui montre la conception du circuit de base et les composants d'un variateur (Figure (1.2)) représente également que, les variateurs ont des pièces indispensables telles que la charge, le moteur, le convertisseur de puissance, l'unité de commande et la source. Ces les équipements sont appelés les parties du système d'entraînement. Maintenant, les charges peuvent être de divers types, c'est-à-dire qu'elles peuvent ont des exigences spécifiques et des conditions multiples, qui sont discutées plus tard, tout d'abord nous allons discuter des quatre autres parties des entraînements électriques, à savoir le moteur, le convertisseur statique de puissance, la source et unité de contrôle. Les moteurs électriques sont de différents types. Les moteurs à courant continu peuvent être divisés en quatre types - Moteur à courant continu à enroulement shunt, moteur à courant continu à enroulement série, moteur à courant continu à enroulement composé et moteur à courant continu à aimant permanent. Les moteurs à courant alternatif sont de deux types : les moteurs à induction et les moteurs synchrones. Maintenant les moteurs synchrones sont de deux types : à pôle lisse et à aimant permanent. Les moteurs à induction sont également de deux types - à cage d'écureuil et moteur à rotor bobiné. En plus de tout cela, les moteurs pas à pas et les moteurs à réluctance variable sont également considérés comme les parties du système d'entraînement.

1.5.2 Modulateurs et les convertisseurs de l'électronique de puissance

Sont les dispositifs qui modifient la nature ou la fréquence ainsi que l'intensité de la tension et/ou le courant de l'alimentation pour contrôler les entraînements électriques. En gros, les modulateurs de puissance peuvent être classés en trois types,

1. Convertisseurs,
2. Circuits à impédance variable
3. Circuits de commutation.

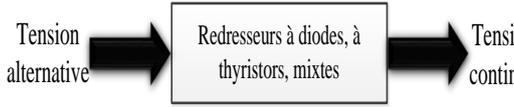
Comme son nom l'indique, les convertisseurs sont utilisés pour convertir les courants d'un type à un autre. Selon le type de fonction, les convertisseurs peuvent être divisés en cinq types :

1. Convertisseurs AC/DC
2. Régulateurs AC
3. Hacheurs ou convertisseurs CC - CC

4. Onduleurs

5. Cyclo-convertisseurs

Tableau (1.1) : Différents modulateurs

Types	Conversions	Commentaires
<p>Convertisseurs CA/CC</p>		<p>Les convertisseurs CA/CC sont utilisés pour obtenir une alimentation CC fixe à partir de l'alimentation CA de tension fixe. Le schéma très basique des convertisseurs AC à CC est semblable.</p>
<p>Régulateurs CA</p>		<p>Les gradateurs peuvent assurer la commande et le réglage du courant débité par une source alternative dans une charge aussi alternative, avec valeur efficace variable.</p>
<p>Hacheurs ou convertisseurs CC-CC</p>		<p>Le hacheur est un dispositif de l'électronique de puissance mettant en œuvre un ou plusieurs interrupteurs électroniques commandés, ce qui permet de modifier la valeur de la tension (moyenne) d'une source de tension continue avec un rendement élevé.</p>
		<p>Un onduleur est un dispositif d'électronique de puissance permettant de</p>

<p>Onduleurs</p>		<p>générer des tensions et des courants alternatifs avec une amplitude et fréquence de sortie variables à partir d'une source d'énergie continue.</p>
<p>Cyclo-convertisseurs</p>		<p>Les cyclo-convertisseurs sont des dispositifs fonctionnant en commutation naturelle qui permettent d'obtenir, à partir d'un réseau de fréquence donnée, une ou plusieurs tensions de fréquence plus petite, généralement très inférieure à celle du réseau d'alimentation. Du fait qu'ils ne fonctionnent qu'en abaisseur, les cyclo-convertisseurs ne constituent donc qu'une partie de l'ensemble des convertisseurs directs de fréquence, qui comprennent également les multiplicateurs de fréquence.</p>

1.5.3 Capteurs

Les capteurs font partie intégrante de la chaîne d'entraînement car sans eux, le contrôle serait impossible. Depuis les capteurs de courant jusqu'aux capteurs de vitesse ou de flux, ils permettent de mesurer les variables physiques que nécessite la commande.

Comme les autres dispositifs, les capteurs présentent des limites de fonctionnement et des non-linéarités dont les concepteurs de la commande et du système intégré devront tenir compte. En particulier, il est un phénomène qui n'a rien de physique mais qu'il est tout aussi important de signaler : la quantification binaire. Par ce terme, on désigne le fait qu'une grandeur physique par essence continue et qui peut prendre un nombre infini de valeurs, doit être représentée par une variable binaire qui ne peut prendre qu'un nombre fini de valeurs. À chaque bit, on associera donc un quanta qui dépend de la dynamique de la grandeur physique et du nombre de bits de la variable binaire. La Figure (1.3) montre un exemple d'un capteur de vitesse.

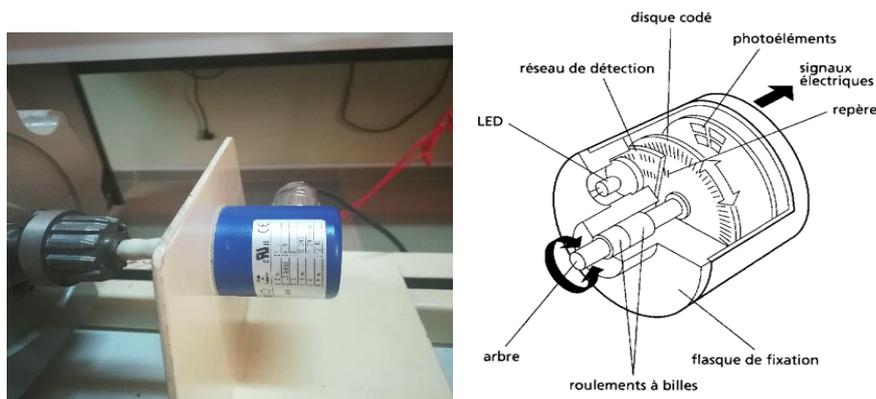


Figure (1.3) : Capteur de vitesse.

Le principe de fonctionnement d'un capteur (appelé aussi un codeur incrémental) délivre un certain nombre d'impulsions par tour. Le nombre d'impulsions est une mesure pour le déplacement angulaire. Un disque fixé sur un arbre est divisé en segments transparents et opaques alternés. Une lampe émet un faisceau parallèle qui illumine tous les segments de ce disque codé. La lumière modulée est reçue par des photo-éléments et convertie en deux signaux sinusoïdaux déphasés de 90° . Une électronique de digitalisation amplifie les signaux et les convertit en impulsions rectangulaires qui sont ensuite transférées à la sortie via un amplificateur de ligne.

1.5.4 Charges

C'est la partie qui consomme l'énergie mécanique produite par le moteur et la convertie à un travail ou mouvement. Il existe plusieurs types de charges où on va le voir en détail dans les chapitres suivants.

1.5.5 Unité de contrôle

L'unité de contrôle pilote le modulateur de puissance qui fonctionne à de faibles niveaux de tension et de puissance. L'unité de contrôle actionne également le modulateur de puissance à volonté. Il génère également les commandes pour la protection du modulateur de puissance et du moteur. Un signal de commande d'entrée qui ajuste le point de fonctionnement du variateur, d'une entrée à l'unité de contrôle.

1.5.6 Alimentation

Peut-être de monophasée, biphasées, triphasées ou bien polyphasées. L'alimentation en courant alternatif à 50 Hz est le type d'électricité le plus répandu, tant à des fins domestiques que commerciales. Les moteurs synchrones alimentés en 50 Hz ont une vitesse maximale de 3000 tr / min. Pour obtenir des vitesses plus élevées, une fréquence plus élevée est nécessaire. Les moteurs des puissances faibles et moyennes sont alimentés à partir de 400 V et des puissances plus élevées telles que 3,3 kv, 6,6 kv, 11 kv, etc. sont également fournies.

1.6 Méthodologie d'étude d'un entraînement électrique

Les entraînements électriques est une science multidisciplinaires qui comportent les inter-disciplines suivantes :

- ✓ Modélisation des actionneurs (moteurs, charges, convertisseurs)
- ✓ Ils exigent les connaissances de base sur les principes de fonctionnement des moteurs électriques et les natures de charge ainsi les types d'alimentation.
- ✓ Les connaissances de base des convertisseurs statiques de puissance.
- ✓ Régulation et asservissement.
- ✓ Outils mathématiques.

La Figure (1.4) montre les inter-disciplines de la commande ainsi les entraînements électriques.

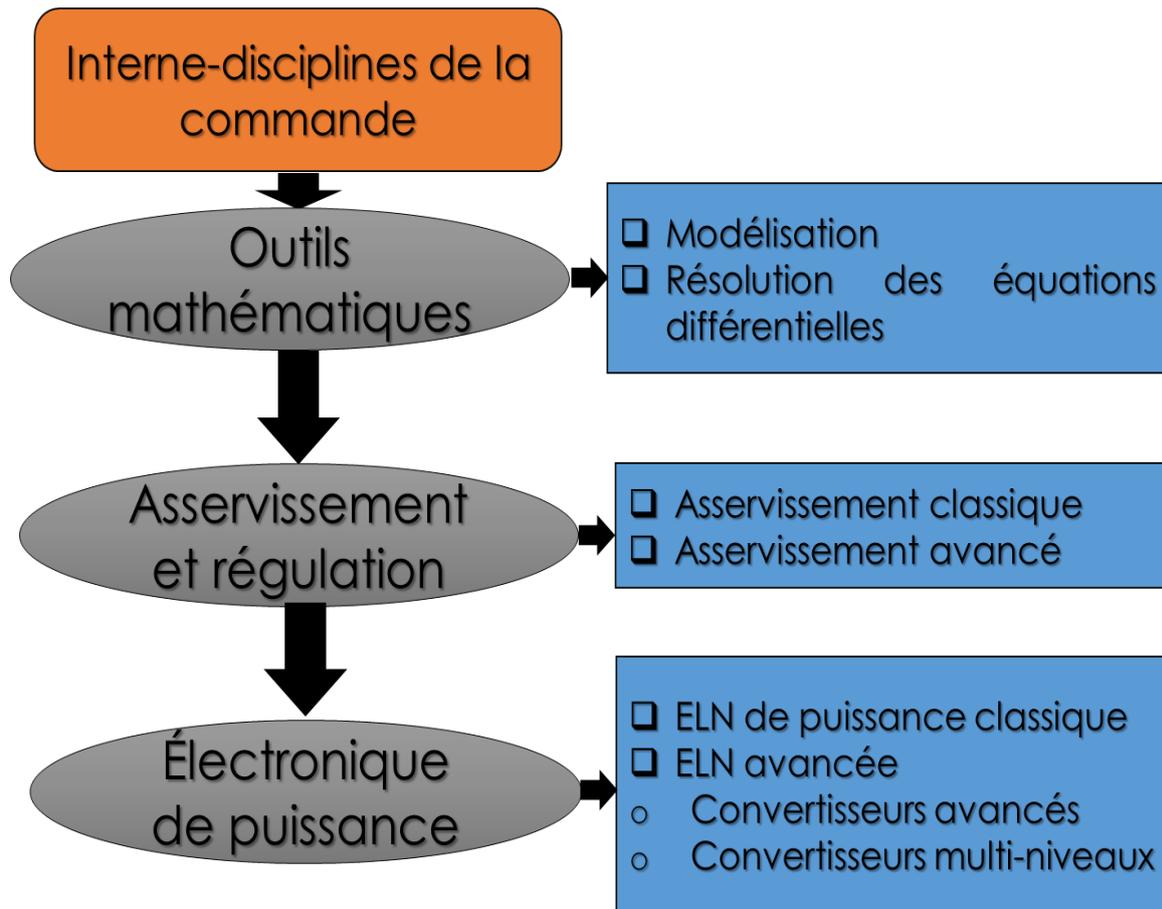


Figure (1.4) : Inter-disciplines des entraînements électriques

1.6.1 Modélisation

La modélisation est la représentation d'un système par un autre, plus facile à appréhender. Il peut s'agir d'un système mathématique ou physique. Le modèle sera alors numérique ou analogique.

✓ La modélisation numérique

La modélisation numérique consiste à construire un ensemble de fonctions mathématiques décrivant le phénomène. En modifiant les variables de départ, on peut ainsi prédire les modifications du système physique.

✓ La modélisation analogique

La modélisation analogique consiste à construire un système physique qui reproduit plus ou moins un phénomène que l'on souhaite étudier. L'observation du comportement du modèle permet de tirer des enseignements sur le phénomène d'intérêt.

1.6.2 Électronique de puissance

L'électronique de puissance est une branche de l'électronique et de l'électrotechnique qui traite les puissances élevées et « les dispositifs qui permettent de convertir celles-ci sous une forme non électrique » (convertisseurs) et de les commuter, avec ou sans commande de cette puissance. L'électronique de puissance comprend l'étude, la réalisation et la maintenance :

- Des composants électroniques utilisés en forte puissance ;
- Des structures, de la commande et des applications des convertisseurs d'énergie.

L'électronique de puissance, ou plus correctement « électronique de conversion d'énergie », à moins de 50 ans. Elle a connu un tel essor qu'aujourd'hui près de 15 % de l'énergie électrique produite est convertie sous une forme ou une autre. Au cours de ces années, la taille, le poids et le coût des convertisseurs n'ont fait que diminuer, en grande partie grâce aux progrès faits dans le domaine des interrupteurs électroniques.

C'est une électronique de commutation : elle tire parti du fait qu'un interrupteur parfait fermé (résistance nulle, tension aux bornes nulle) ou ouvert (résistance infinie, courant traversant nul) ne dissipe aucune énergie, donc ne présente aucune perte dans le cas parfait.

1.6.3 Régulation & asservissement

Régulation :

La régulation dans le domaine des procédés industriels concerne la mise en œuvre de l'ensemble des moyens théoriques, matériels et techniques pour maintenir chaque grandeur physique essentielle égale à une valeur désirée, appelée consigne, par action sur une grandeur réglante, et ce, malgré l'influence des grandeurs perturbatrices du système.

Le terme régulation peut avoir d'autres acceptions. Dans un sens général, la régulation est l'ensemble des techniques permettant de maintenir le bon fonctionnement d'une machine ou l'état d'un système.

Asservissement :

Un asservissement est un système dont l'objet principal est d'atteindre le plus rapidement possible sa valeur de consigne et de la maintenir, quelles que soient les perturbations externes. Le principe général est de comparer la consigne et l'état du système de manière à le corriger efficacement. On parle également de système commandé par réaction négative ou en boucle fermée.

1.7 Conclusion

Ce chapitre représente une étude théorique de tous les composants d'une chaîne d'entraînement électrique. Des concepts de base comme la définition de l'entraînement électrique, intérêt et les domaines d'application ont été aussi présentés. Nous avons, particulièrement, souligné sur les types des convertisseurs de puissance utilisés dans les entraînements électrique et ses capacités de modifier la forme d'énergie. Ce chapitre peut considérer comme un support fort pour les autres chapitres de ce cours.